

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–2022

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

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2022

Нижний Новгород, 2022

Информационные системы и технологии - 2022: [Электронный ресурс]: Программа и аннотации докладов XXVIII Международной научно-технической конференции – Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2021.

В сборнике представлены материалы докладов XXVIII Международной научно-технической конференции ИСТ-2022, проведенной 21-23 апреля 2022 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.

Конференция проводится в смешанном режиме: очно и с дистанционным доступом в формате вебинара на специализированной электронной платформе в сети Интернет.

Публикуемые материалы представляют тематику, круг научных интересов и состояние исследований представителей научных и высших учебных заведений Украины и 11 городов РФ - преподавателей, научных сотрудников, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов - участников НИРС, а также сотрудников МГУ им. М.В. Ломоносова, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МЭИ, МГТУ «СТАНКИН», Высшей школы экономики, Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, Волжского государственного университета водного транспорта, Волго-Вятского филиала МТУСИ; представителей более 25 предприятий и НИИ: ИПУ РАН, РФЯЦ-ВНИИЭФ, ИПФ РАН, НИИИС им. Ю.Е. Седакова, НИФТИ, НПП «Полет», АПЗ им. П.И. Пландина, АПКБ и других организаций.

Программный комитет:

А.А. Куркин (председатель), А.В. Мякинков (зам.председателя),
Н.Ю. Бабанов, О.Г. Берестнева, Д.В. Жевнерчук, В.В. Кондратьев, 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-2022	
СЕКЦИЯ 1 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА	4
СЕКЦИЯ 2 ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ.....	17
СЕКЦИЯ 3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ.....	32
СЕКЦИЯ 4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (автоматизация проектирования).....	55
СЕКЦИЯ 5.1 ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (системы обработки информации).....	66
СЕКЦИЯ 5.2 ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (интеллектуальные системы управления)..	72
СЕКЦИЯ 5.3 ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ).....	87
СЕКЦИЯ 6 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ.....	94
ПРОЦЕССОВ.....	

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

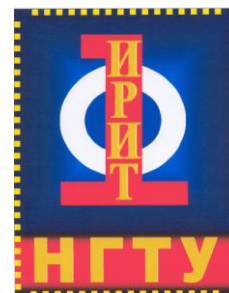
приоритет2030[^]

лидерами становятся

XXVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» ИСТ–2022

посвященная 105-летию НГТУ – Нижегородского политехнического
института



*Пригласительный билет и
программа*

НИЖНИЙ НОВГОРОД 2022

УВАЖАЕМЫЙ КОЛЛЕГА !

Оргкомитет совместно с Дирекцией института радиоэлектроники и информационных технологий НГТУ им. Р.Е. Алексеева приглашают Вас принять участие в работе XXVIII Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии – ИСТ-2022», которая состоится **21-23 апреля 2022 года**.

Начало пленарного заседания 21 апреля в 14-00, аудитория 1313

Начало работы секций 22 апреля в 10-00 по расписанию секций.

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

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

(Ауд. 1313)

1. Вступительное слово.
А.В. МЯКИНЬКОВ, директор ИРИТ, профессор
2. Приветствие ректората НГТУ им. Р.Е. Алексеева.
С.М. ДМИТРИЕВ, ректор НГТУ, профессор
3. Четверть века научно-технической конференции ИРИТ в 105-летней истории НГТУ.
В.П. ХРАНИЛОВ, профессор
4. История и перспективы развития автомобильных радаров
С.В. ШИШАНОВ, к.т.н., ООО «Техкомпания Хуавей».

СЕКЦИЯ 1
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА
(Ауд. 5427)

Председатель: д.т.н., профессор А.Д. Плужников
Секретарь: аспирант К.С. Фомина

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЙ МЕМРИСТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ
ВЫЧИСЛЕНИЯ МАТРИЧНО-ВЕКТОРНОГО УМНОЖЕНИЯ**

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»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМРИСТОРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С.А. Щаников, И.А. Борданов

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

СХЕМА ПРОГРАММИРОВАНИЯ МЕМРИСТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е.А. Букварев, К.С. Фомина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С.А. Щанников

Муромский институт (филиал) ФГУП высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

**АЛГОРИТМ УСТРАНЕНИЯ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ОЦЕНКИ ВЗАИМНЫХ ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК
МНОЖЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ**

И. В. Гринь, О. А. Морозов, Н. А. Пинегина

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**ПРИМЕНЕНИЕ ВИНЕРОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗАИМНОЙ ВРЕМЕННОЙ
ЗАДЕРЖКИ СИГНАЛОВ**

А.И. Зворыкин, О.А. Морозов

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**КВАНТОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЦИФРОВОГО КИХ-ФИЛЬТРА МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО
ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

А.С. Бердышева, В.Н. Бугров

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

ДИСКРЕТНЫЙ СИНТЕЗ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ ЗАЩИТЫ ОТ НАЛОЖЕНИЯ СПЕКТРОВ

Ю.М. Макарова, В.Н. Бугров

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**УСТРОЙСТВО МЕХАНИЧЕСКОГО СКАНИРОВАНИЯ БОРТОВОГО РАДИОЛОКАТОРА С
МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЛУЧА**

**А.В. Голубцов, Ю.М. Куликов, Н.А. Макарычев, С.В. Марьевский, Е.А. Михалицын,
А.В. Назаров**

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им.Ю.Е. Седакова»

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ ШЕРОХОВАТОЙ
ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**

А.В. Анфимова, М.С. Дубровин, Ю.М. Куликов, А.В. Назаров

Филиал ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ ШЕРОХОВАТОЙ
ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**

А.В. Анфимова, М.С. Дубровин, Ю.М. Куликов, А.В. Назаров

Филиал ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

СТЕНД «МИКРОСКОП» ДЛЯ ПОВЕРКИ МИКРОВОЛНОВЫХ РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРОВ

Е.В. Ботов, В.Н. Иконников, Н.С. Корнев, Е.С. Митин, А.В. Назаров, А.А. Седов, Д.А. Трегубенко
Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»

МОДЕЛИРОВАНИЕ И МАКЕТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ

И.А. Илларионов, С.В. Марьевский, Е.А. Михалицын, А.В. Назаров, Р.Р. Османов, И.В. Осовицкая, Б.Ю. Царев

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

ОСОБЕННОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

К.Д. Пирогова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЯ МАЛОПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ В НЕКОГЕРЕНТНОМ ПЕРЕДВИЖНОМ РАДИОЛОКАТОРЕ

А.Д. Михайлов, А.В. Мякинчиков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СЕКЦИЯ 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ

(Ауд. 1324)

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

Секретарь: ассистент С.А Капустин

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТАМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ SRR-ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ 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» (г. Воронеж)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ 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» (г. Воронеж)

О МЕТОДАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФЕРРИТОВЫХ ЦИРКУЛЯТОРОВ НА СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

В.А. Козлов, Е.А. Михалицын, А.В. Сорокин

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

ВНЕДРЕНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ ПАЙКИ ПРИ СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Г.П. Суровикина, И.О. Усова, С.В. Кузнецова

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТА СБОРКИ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ LTCC-ПЛАТ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОГО ДОЗИРОВАНИЯ

И.П. Чиненкова, И.О. Усова, С.В. Кузнецова

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ МАЛОГАБАРИТНЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ АНТЕНН ДЛЯ САМОЛЕТОВ И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А.В. Пилькевич, И.А. Илларионов, А.В. Кузнецов

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ

Е.А. Лупанова, С.М. Никулин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ИЗМЕРЕНИЕ БИСТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ
ОСТРОНАПРАВЛЕННЫМИ АНТЕННАМИ НА ФОНЕ МЕШАЮЩИХ ПОМЕХ**

Е.А. Лупанова, С.М. Никулин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ СУБТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА
С ЦИФРОВЫМ УСТРОЙСТВОМ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ
СХЕМЫ**

М.В. Андреянов, В.В. Бирюков, А.П. Лискович, В.А. Малахов, А.С. Раевский, В.В. Щербаков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АЛГОРИТМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ПОМЕХ АППАРАТУРЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

В.В. Бирюков, М.Н. Бисярин, Е.М. Котылева, В.А. Малахов, А.С. Раевский, В.В. Щербаков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ СВЧ С ГОФРИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ЭКРАНА

Ю. Г. Белов, Е. М. Мулина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**МЕТОД РАСЧЕТА ПОГОННЫХ ПОТЕРЬ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СТРУКТУР
С ШЕРОХОВАТЫМИ ЭКРАНИРУЮЩИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ**

В.В. Бирюков, С.Г. Лобин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеев

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ МИКРОПОЛОСКОВОГО ГРЕБЕНЧАТОГО ФИЛЬТРА

В.В. Баусов, В.В. Бирюков

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

**АЛГОРИТМ И СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАДАННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ С ТОРЦА
ОТКРЫТОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА**

С.А.Капустин, М.С.Нечаева, А.С.Раевский

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТЕРЖНЕВОЙ АНТЕННЫ С ДИАГРАММОЙ
НАПРАВЛЕННОСТИ, УПРАВЛЯЕМОЙ ЧАСТОТОЙ**

В.А. Малахов, А.С. Нечаев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**СЕКЦИЯ 3
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
(Ауд. 4311)**

Председатель: д.т.н., доцент Н.Ю. Бабанов

Секретарь: ст. преп. Ю.С.Егоров

**МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ МОНИТОРИНГА И АДАПТАЦИИ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ СВЯЗИ
ОРГАНИЗАЦИИ**

С.С. Белоусов, П.А. Федюнин

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

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СЕТИ ДЕКАМЕНТРОВОЙ
РАДИОСВЯЗИ С АДАПТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ СТРУКТУРНЫМ И ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ РЕСУРСОМ**

А. В. Рябов

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

НОРМИРОВАНИЕ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАТУХАНИЯ И МОЩНОСТИ ШУМОВ В АНАЛОГОВЫХ ОКОНЧАНИЯХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

К.А. Батенков

Академия ФСО России, г. Орёл

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ МЕТРИК АЛГОРИТМА ДЕКОДИРОВАНИЯ ОТ КВАНТОВАНИЯ ВХОДНЫХ ДАННЫХ ТУРБОКОДА

Д.В. Хитева, А.В. Колобков

АО «НПП «Полет», г. Н. Новгород

ФОРМИРОВАНИЕ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ ПРИ СОЗДАНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ

И.В. Скрипник

ООО «Научно-производственное предприятие «ПРИМА»

СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И НАТУРНО-МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СРЕДСТВ РАДИОСВЯЗИ

И.С. Сорокин, И.В. Скрипник

ООО «Научно-производственное предприятие «ПРИМА»

АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНКИ ДКМВ РАДИОКАНАЛА ДЛЯ СИГНАЛОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ МОДЕМОВ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ

А.А. Ямпольский

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

К ВОПРОСУ УЧЕТА ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ И ВРЕМЕННЫХ ФЛУКТУАЦИЙ УРОВНЯ СИГНАЛА ПРИ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ПОДВИЖНОЙ НАЗЕМНОЙ РАДИОСВЯЗИ

Ю.М. Туляков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Волго-Вятский филиал Московского технического университета связи и информатики

ОТЫСКАНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЛЬТРА БАТТЕРВОРТА

В.И. Есипенко, В.В. Богомолова

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева

РАСШИРЕНИЕ КЛАССА ЛИНЕЙНЫХ РЕЗОНАНСНЫХ СИСТЕМ ПРИ АППРОКСИМАЦИЯ СВОБОДНОГО ПРОЦЕССА ОРТОГОНАЛЬНЫМИ ПОЛИНОМАМИ

С.С.Зельманов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ ФОРМЫ ВОЛНЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ ВИДЕО СЕТИ

Т.И. Горячева, Я.С. Некрасов, С.А. Заглумонин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

КОРРЕКЦИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА СТАНКА С ЧПУ С УЧЕТОМ НЕРОВНОСТЕЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Н.А. Метельков, Р.Р. Мещеров, А.П. Зайцев, Н.Е. Пособилов,

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОИСКА ТЕГОВ В ДОКУМЕНТАХ

Е.В. Сидорова, К.А. Шишкина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПРОЦЕДУРЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПАКЕТА ЗАДАНИЙ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ КОМАНДАХ, ОСНОВАННЫЕ НА УПРАВЛЕНИИ ПО КОМПЕТЕНЦИЯМ

Д.В. Баранов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

УСТРАНЕНИЕ ИНВЕРСИИ В LDPC-КОДАХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ СВЯЗИ

А.П. Зайцев, А.В. Семашко, Н.А. Метельков, Р.Р. Мещеров

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ**

А.В. Семашко, Е.А.Камышан

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МОБИЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ В НЕНАДЕЖНЫХ КАНАЛАХ

А.Д. Абакшин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ СГЕНЕРИРОВАННЫХ НЕЙРОСЕТЬЮ ДЛЯ РАЗЛИЧЕНИЯ СИГНАЛОВ**

Р.Р. Мещеров, А.В. Семашко, Н.А. Метельков, А.П. Зайцев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**КОНЦЕПЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КАРТ МЕСТНОСТИ, НА ОСНОВЕ
ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ**

К.О. Староверова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ СПЕЦИФИКАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ К
ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

А.А.Градиленко, Ю.С. Егоров, Т.И. Горячева,

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПЕРЕДАЧИ
ШИРОКОВОЩАТЕЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ В СЕТЯХ СОТОВОЙ СВЯЗИ 2G-4G ПОКОЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ
СИСТЕМЫ-ПРОТОТИПА**

М.В. Ерютов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

ТЕХНОЛОГИЯ MMWAVE В СЕТЯХ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ. ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.

А.В. Пронин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА УРОВНЯ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Д.А. Шевченко

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ МНОЖЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ
МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ (НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА)**

Шамасна Хамза, А.В Семашко

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ
В АПК БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД**

О.Е. Виноградов, Е.А. Косолапов, А.В. Семашко

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**СЕКЦИЯ 4
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
(автоматизация проектирования)
(Ауд. 5320)**

Председатель: д.т.н., профессор С.Л. Моругин

Секретарь: аспирант А.А. Сатаев

**МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ
ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

В.В. Вычужанин, А.В. Вычужанин

Национальный университет «Одесская политехника»

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Н.Д. Рудниченко, В.В. Вычужанин, А.А. Егошина

Национальный университет «Одесская Политехника», Одесса

И.М. Петров

Национальный университет «Одесская морская академия», Одесса

ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

И.С. Назмутдинов, С.И. Буробин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия

им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ УРОВНЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

И.С. Назмутдинов, С.И. Буробин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия

им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И ЭКОБЕЗОПАСНОСТЬЮ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

С.А. Манцеров

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВНЕШНИХ СИЛ

А.А. Сатаев, В.В. Андреев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДОКУМЕНТООБОРОТА

Альшатер Махер Габер Али

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ «ТЕХНИЧЕСКИЙ АНТИПЛАГИАТ» НА КАФЕДРЕ «ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ»

В.В. Андреев, В.Е. Гай, Н.П. Тарасова, А.М. Самойлов, Е.Д. Ермоленко, А.А. Сатаев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АНАЛИЗ ВЕДУЩИХ ERP-СИСТЕМ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

Л.В. Кулагина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТА ВЫГРУЗКИ ДАННЫХ ИЗ МОДЕРНИЗИРУЕМОЙ ERP-СИСТЕМЫ

Л.В. Кулагина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА ОТ МОДЕРНИЗИРУЕМОЙ ERP К НОВОЙ

Л.В. Кулагина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СЕКЦИЯ 5.1 ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (системы обработки информации) (Ауд. 4403)

Председатель: к.т.н., доцент О.П. Тимофеева

Секретарь: аспирант М.Б. Багиров

ПРОБЛЕМА РАЗРАБОТКИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОТ ВИРУСНЫХ АТАК

Р.А. Хворов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия

им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С НЕЧЕТКИМИ ДАННЫМИ

О.П. Тимофеева, А.Н. Санников, В.А. Веселов, А.Ю. Карпычева, Л.М. Кочеганова
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ КЛЕТОК КРОВИ

П.А. Шагалова, Э.С. Соколова, С.Н. Рындов, А.В. Бухнин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕОПОТОКЕ

М.Б. Багиров
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СРАВНИТЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Д. С. Бирюков, О. Н. Корелин, Д. А. Кобляков
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ОБУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

О.В. Судаков, Д.В. Дмитриев, О.Н. Корелин
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СЕКЦИЯ 5.2 ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (интеллектуальные системы управления) (Ауд. 5317)

Председатели: д.т.н., профессор М.В.Ульянов, д.т.н., профессор В.П. Хранилов
Секретарь: аспирант В.Б.Куликов

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМЫ ИНФЕКЦИОННОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РОЖИСТОГО ВОСПАЛЕНИЯ

И.А. Лызин¹, С.В. Аксёнов^{1,2}, О.Г. Берестнева^{1,2}, О.В. Марухина^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Национальный исследовательский Томский государственный университет

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ

И.А. Лызин¹, О.Г. Берестнева^{1,2}, О.В. Марухина^{1,2}, Н.П. Степаненко³

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Национальный исследовательский Томский государственный университет

³Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства»

ЭМПИРИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА КЛАССИФИКАТОРОВ В МНОГОМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИЗНАКОВ

А.О. Гурина^{1,2}, В.Л. Елисеев^{1,2}

¹Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

²АО «ИнфоТекС», г. Москва

ОБЗОР МЕТОДОВ СИНТЕЗА АРХИТЕКТУР НЕЙРОСЕТЕВЫХ КЛАССИФИКАТОРОВ

С.В. Колпинский^{1,2}, В.Л. Елисеев^{2,1}

¹Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

²АО «ИнфоТекС», г. Москва

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТИ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ

В.Л. Елисеев, В.В. Щербаков

Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА МНОГОПОТОЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ПО БАЗЕ ЗНАНИЙ ИЗ МОЛИНГ

Д.И. Киров

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МНОГОГРАННИКОВ

В.А. Чеканин

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

АЛГОРИТМ РЕДУКЦИИ И РЕШЕНИЯ КВАДРАТИЧНОЙ ЗАДАЧИ О НАЗНАЧЕНИЯХ

М.А. Быкова, Н.А. Хлопцев

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ПРОФИОРИЕНТАЦИИ С УЧЕТОМ НЕЯВНЫХ СТРУКТУР И СМЕШАННОСТИ ТИПОВ

Ю.С. Тарасова

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В.В. Андреев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПОСТРОЕНИЕ R*-ДЕРЕВА НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗ GDSII ФАЙЛА

А.О. Семенов, А.А. Штанюк

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПРИМЕНЕНИЕ МИВАРНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

О.В. Кривошеев

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

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ ОСД

А.С. Макаров

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ПОМОЩЬЮ ОСД ОНТОЛОГИИ

А.С. Макаров

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

П.С. Кулясов, П.В. Мисевич, Е.Н. Панкратова, В.П. Хранилов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОСТЬЮ КОМПОНЕНТОВ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

С.В. Глушков, А.В. Соловьев, Ю.С. Федосенко

Волжский государственный университет водного транспорта

СЕКЦИЯ 5.3

ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

(информационное моделирование когнитивных процессов)

(Ауд. 5412)

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

Секретарь: аспирант И.Д. Чернобаев

МЕХАНИЗМЫ ВНИМАНИЯ В НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЯХ СИНТЕЗА РЕЧИ

К.И. Абросимов, С.В. Рыбин

Национальный исследовательский университет ИТМО

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ДИАРИЗАЦИИ В АУДИОАНАЛИТИКЕ

Т.В. Львутина¹, К.И. Абросимов², А.С. Суркова¹

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

²Национальный исследовательский университет ИТМО

**ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИНТАКСИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ
В АСПЕКТЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТИЛИСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ (ПРОСТОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ)**

А.В. Синелева

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ
ПО МАРШРУТУ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

А.А. Коротышева, С.Н. Жуков

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ КАК СПОСОБ
ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

А.А. Тищенко, В.Е. Гай, Р.О.Баринов

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

**НАДЕЖНОСТЬ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИРЕШЕНИЯ**

Д.А. Сенькив

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ КЛАССИФИКАТОРОВ

И.Д. Чернобаев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

**СЕКЦИЯ 6
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

(Ауд. 1223)

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

Секретарь: к. ф.-м.н., доцент Е.А. Рувинская

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНЫХ МАСС В РАЙОНЕ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

А.А. Москвитин, Е.А. Тихончук

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук

ОЦЕНКА РАЗМЫВА БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Л.С. Шабрамова

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии наук

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АППАРАТА С РОТОРНО-ВИНТОВЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ И
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Е.С. Тятюшкина

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**МЕТОД ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН ЦУНАМИ В РАМКАХ
ГИБРИДНОГО ПОДХОДА**

Д.А. Уткин, В.В. Курулин, А.С. Козелков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

БРИЗЕР КРАЕВЫХ ВОЛН КАК МОДЕЛЬ ВОЛН-УБИЙЦ, ОГРАНИЧЕННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ

О.Е. Куркина¹, Е.Н. Пелиновский²

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

² Институт прикладной физики РАН

**МНОЖЕСТВЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СОЛИТОНОВ И БРИЗЕРОВ В СТРАТИФИЦИРОВАННОМ
ОКЕАНЕ**

Е.Г. Диденкулова, Т.Г. Талипова

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики,
Институт прикладной физики РАН

**БАЗА ДАННЫХ ВОЛН-УБИЙЦ В 2005-2021
ПО МАТЕРИАЛАМ СРЕДСТВ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Е.Г. Диденкулова, И.И. Диденкулова

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики,
Институт прикладной физики РАН

**ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ И
ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ**

К.А.Понур, В.Ю.Караев, М.А.Панфилова, Ю.А.Титченко

Институт прикладной физики РАН

**ЭФФЕКТЫ СИЛЬНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МОРСКИХ «ВОЛН-УБИЙЦ» ПО
РЕЗУЛЬТАТАМ ПРЯМОГО ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

А.В. Слюняев, А.В. Кокорина

Институт прикладной физики РАН

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИКИ ПОЛНОНЕЛИНЕЙНЫХ БАРОКЛИННЫХ ВОЛНОВЫХ ДВИЖЕНИЙ НА
СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ О.САХАЛИН**

А.А. Куркин, Е.А. Рувинская, О.Е. Куркина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ РИМАНОВОЙ ВОЛНЫ В ТРЕХСЛОЙНОЙ ЖИДКОСТИ

О.Е. Куркина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРЕННИХ ВОЛНОВЫХ ПУЧКОВ В УСЛОВИЯХ СТРАТИФИЦИРОВАННОГО
ШЕЛЬФА О. САХАЛИН**

М.В. Кокоулина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЕРВОЙ ВОЛНЫ COVID-19 В
ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**М.В. Кокоулина¹, Е.Н. Лешехва¹, Е.Н. Пелиновский¹⁻³, А.С. Епифанова¹, А.А. Куркин¹,
О.Е. Куркина¹**

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

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

³Институт прикладной физики РАН

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИННЫХ ВОЛН В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ, ВЫЗВАННЫХ
ИЗВЕРЖЕНИЕМ ВУЛКАНА В ТИХОМ ОКЕАНЕ**

М.Ю. Зайцева

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

**ИЗУЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ СЛУЧАЕВ ТРАНСФОРМАЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛНОНЕЛИНЕЙНЫХ
ЛОКАЛИЗОВАННЫХ ВОЛНОВЫХ ПАКЕТОВ С УСТУПОМ ДНА В СТРАТИФИЦИРОВАННОМ БАССЕЙНЕ**

Н.А. Санников

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

ЦУНАМИ В АРКТИКЕ. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛН ЦУНАМИ В МОРЕ БАФФИНА

М.С. Винокуров, Р.Х. Мазова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦУНАМИ ОТ ВЗРЫВА ВУЛКАНА ТОНГА 15 ЯНВАРЯ 2022Г

А.Р. Гиниятуллин, Р.Х. Мазова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
НА ЮГО-ЗАПАДЕ ЧИЛИЙСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ 1730г**

О.И. Казакова, Р.Х. Мазова, И.А. Смирнов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЙ МЕМРИСТОРОВ НА ТОЧНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЯ МАТРИЧНО-ВЕКТОРНОГО УМНОЖЕНИЯ

И.А. Борданов

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

С.А. Шаников

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»

При реализации искусственных нейронных сетей (ИНС) в большинстве случаев применяются ЭВМ с архитектурой фон Неймана. Однако быстродействие таких устройств в значительной степени уступает в скорости работы биологических нейронных сетей (БНС), по образу которых они были созданы. Это в значительной степени связано с проблемой архитектуры фон Неймана, в которой память отделена от вычислительного устройства.

Одним из возможных способов решения данной проблемы является аналоговая реализация ИНС на базе мемристивных устройств или просто мемристоров (ИНСМ). Переход от цифровых сигналов к аналоговым позволит увеличить быстродействие, а также снизить затраты энергии на их функционирование. При этом мемристоры будут использоваться для энергонезависимого хранения значений весовых коэффициентов нейронов.

Одной из основных операций, выполняемых в ИНС в архитектурах (многослойного) персептрона или сверхточных нейронных сетях, является матрично-векторное умножение (МВУ). Однако из-за погрешностей сопротивлений мемристоров в процессе работы точность вычисления МВУ может отличаться от номинальной. Это может ухудшать качество работы ИНСМ.

В докладе будет рассмотрено влияние погрешностей сопротивлений мемристоров на точность выполнения МВУ с помощью методологии имитационного моделирования.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ СП-3988.2022.5.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, мемристоры, имитационное моделирование, точность

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ERRORS OF MEMRISTOR RESISTANCES ON THE ACCURACY OF CALCULATION OF MATRIX-VECTOR MULTIPLICATION

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: This paper proposes a methodology for estimating the effect of memristor errors on the accuracy of the matrix-vector multiplication (MVM) operation.

Design/methodology/approach: Before calculating the error of the MVM, it is first necessary to develop a synapse model, on the basis of which the limiting values of its deviation will be calculated. After that, based on the results obtained from the synapse model, it is necessary to proceed to simulation modeling by filling in the weight matrix with the corresponding values and their errors.

Findings: As a result of this work, a methodology was developed for calculating the accuracy of calculating the MVM based on data on errors in the resistance of memristors. This methodology was demonstrated on the example of calculating the accuracy of the MVM in the hardware implementation of a synapse of two memristors.

Research limitations/implications: This work is the starting point in the study of the accuracy of the MVM. In the future, this approach can be used to calculate the allowable deviations of the scales for a given tolerance for the error of the MVM.

Originality/value: This methodology can be used to calculate the error of the MVM at the stage of designing artificial neural networks based on memristors, thereby allowing to evaluate the quality of its work without conducting experiments with real memristors, which can help save time and money.

Keywords: artificial neural networks, memristors, simulation, accuracy.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМРИСТОРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

С.А. Щаников

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

И.А. Борданов

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

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

В настоящее время системы машинного зрения строятся по классическому принципу создания систем обработки данных, в которых центральный элемент является вычислителем с архитектурой фон Неймана с разделенными арифметико-логическим устройством и памятью, а фотосенсор с аналогово-цифровыми преобразователями являются устройствами ввода информации. В процессе работы такой системы фиксируемый образ сцены проходит оцифровку, кодирование, программную предобработку, обработку с помощью модели машинного обучения, что сопряжено с хранением большого количества данных самой модели, огромным числом запросов к памяти в процессе эмулирования работы модели, а соответственно высокой сложностью и значительным энергопотреблением. Мемристивные устройства позволяют создавать нейроморфные системы, в которых вся обработка происходит в аналоговом виде, исключая операции аналогово-цифровых и цифро-аналоговых преобразований. Вместе с этим теряется необходимость в использовании программных алгоритмов и взаимодействия с памятью для загрузки параметров модели и хранения промежуточных результатов. В докладе рассмотрены современные достижения в области применения мемристоров для аппаратной реализации традиционных архитектур ИНС, применяемых для обработки изображений, вариантов их обучения и настройки, а также собственная концепция создания систем аналогового машинного зрения на базе мемристивных устройств. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект №21-71-00136).

Ключевые слова: машинное зрение, аналоговое зрение, искусственный интеллект, нейроморфные системы, мемристивные устройства

APPLICATION OF MEMRISTORS FOR IMAGE PROCESSING

S.A. Shanikov, I.A. Bordanov

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

Purpose: We consider in the report application of memristors for the hardware implementation of ANNs used for image processing, as well as our own concept of the analog machine vision systems.

Design/methodology/approach: Signals from a photosensor can be sent to a neuromorphic computing device without digitization, in which the memristor conductivities will form the model of visual information processing itself and simultaneously perform this processing (in-sensor computing).

Findings: Memristive devices make it possible to create neuromorphic systems in which all processing takes place in analog form, therefore it is proposed to exclude the operations of analog-digital and digital-analog conversions. Following this, the need to use software algorithms and interaction with memory to load model parameters and store intermediate results is lost.

Research limitations/implications: This work is only the first step towards the creation of analog machine vision systems and will allow us to lay the conceptual foundations in this direction.

Originality/value: This approach will make it possible to create machine vision systems that are characterized by low energy consumption and are able to solve image processing problems in a sensor.

Keywords: machine vision, analog vision, artificial intelligence, neuromorphic systems, memristive devices

УДК 004.9 + 004.8

СХЕМА ПРОГРАММИРОВАНИЯ МЕМРИСТОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Е.А. Букварев

ORCID: 0000-0003-0583-7662 e-mail: bukwarev@nntu.ru

К.С. Фомина

ORCID: 0000-0003-0531-209X e-mail: ksf96@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

С.А. Щанников

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

Муромский институт (филиал) ФГУП высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Мемристор – полупроводниковый элемент, обладающий вольт-амперной характеристикой специального вида, содержащей линейный участок и две нелинейные области. Массивы мемристоров могут быть использованы в перспективных системах нейровычислений в качестве программируемого сопротивления (аналогового коэффициента умножения), при проведении операций аналогового умножения векторов, дискретного по времени. Для формирования требуемого сопротивления, мемристор должен быть подвергнут процедуре «программирования». Процедура может быть осуществлена двумя различными способами, связанными с различным направлением движения по вольт-амперной характеристике мемристора. В статье рассматривается предложенная схема универсального устройства программирования мемристора, выполненная на основе цифро-аналогового преобразователя и дискретного потенциометра с цифровым управлением. Показаны преимущества и недостатки различных способов программирования. Разработанный способ является универсальным, и не требует дополнительного анализа выходного напряжения.

Ключевые слова: мемристор, аналоговые нейровычисления дискретного времени, искусственный интеллект.

MEMRISTOR ELEMENT PROGRAMMING CIRCUIT

E.A. Bukvarev, K.S. Fomina

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

S.A. Shannikov

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

Purpose: The article deals with the proposed memristor element programming circuit based on a digital-analog converter and a discrete potentiometer with digital control.

Design/methodology/approach: To form the required resistance, the memristor must be subjected to a "programming" procedure. The procedure can be carried out in two different ways, related to the different direction of movement according to the volt-ampere characteristic of the memristor. The article says about the advantages and disadvantages of various existing and possible programming methods. The developed method is universal and does not require additional analysis of the output voltage.

Findings: The proposed approach to the memristor element programming is based on a digital-analog converter and a discrete potentiometer with digital control.

Research limitations/implications: A memristor is a semiconductor element with a special type of volt-ampere characteristic containing a linear section and two nonlinear regions.

Originality/value: Arrays of memristors can be used in promising neural computing systems as a programmable resistance (analog multiplication ratio) when performing operations of analog multiplication of vectors, discrete in time.

Keywords: memristor, discrete time analog neuro processing, artificial intelligence.

УДК 621.396

АЛГОРИТМ УСТРАНЕНИЯ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ОЦЕНКИ ВЗАИМНЫХ ВРЕМЕННЫХ ЗАДЕРЖЕК МНОЖЕСТВЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

И. В. Гринь

ORCID: 0000-0002-3078-8738 e-mail: yelowt@mail.ru

О. А. Морозов

ORCID: 0000-0002-8411-2645 e-mail: oa_morozov@nifti.unn.ru

Н. А. Пинегина

ORCID: 0000-0001-6633-3017 e-mail: natasha_pinegina@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Актуальной задачей радиолокации в настоящее время является определение координат источника радиоизлучения методами пассивной пеленгации в реальном масштабе времени, которые для своей реализации требуют определения навигационных параметров (в частности, взаимных временных задержек распространения сигналов). В случае наличия нескольких источников радиоизлучения неизбежно появляется проблема соотнесения наборов навигационных параметров конкретному из источников. В данной работе предложен алгоритм устранения неоднозначности соотнесения наборов взаимных временных задержек, основанный на критерии согласованности временных задержек. Данный алгоритм может быть успешно применен к набору временных задержек, получаемых при анализе взаимной функции неопределенности принятых сигналов. В случае относительно широкополосных сигналов, когда величина доплеровского смещения много меньше ширины спектра, в данной работе предлагается использовать предварительный алгоритм, основанный на разбиении широкополосных сигналов на M частотных каналов, который может быть реализован с использованием цифровой фильтрации (синтез фильтров производится заранее). В работе представлены полученные зависимости расчетных вероятностей правильно ассоциированных наборов временных задержек с источниками излучения от отношения сигнал/шум в исследуемых сигналах.

Ключевые слова: взаимная функция неопределенности, критерий согласованности временных задержек, цифровая фильтрация.

METHOD FOR DISPOSING THE NAVIGATION PARAMETERS EVALUATION OF MULTIPLE RADIO EMISSION SOURCES FOR NARROW-BAND AND RELATIVELY WIDEBAND SIGNALS

I. V. Grin, O. A. Morozov, N. A. Pinegina

National research Lobachevskystate university of Nizhny Novgorod

Purpose: In this paper, an algorithm for disambiguating the association of mutual time delays based on the criterion of time delays congruence is proposed.

Design / methodology / approach:

In the case of multiple radio sources presence, the problem of associating the sets of navigation parameters to a particular source inevitably arises. An algorithm for disambiguating the association of mutual time delays based on the time delays congruence criterion can be successfully applied to a set of time delays obtained by mutual ambiguity function approach. For the successful use of the algorithm in the case of wideband signals, it is proposed to use an ambiguity function calculating modification based on the extraction of narrowband channels.

Findings: The paper presents the obtained dependences of the calculated probabilities of correctly associated sets of time delays with radiation sources on the signal-to-noise ratio in the studied signals.

Research limitations/implications: This work is a starting point in the field of disambiguation arising from the determination of the navigation parameters of multiple radio sources, in the case of narrowband and wideband signals.

Originality/value: The value of the entire article is the development and research of a method for applying the algorithm for disambiguating the association of mutual time delays sets to wideband signals.

Key words: mutual ambiguity function, time delays congruence criterion, digital filtering.

**ПРИМЕНЕНИЕ ВИНЕРОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В ЗАДАЧЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЗАИМНОЙ
ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКИ СИГНАЛОВ**

А.И. Зворыкин

ORCID: 0000-0002-8961-5962 e-mail: zvorykinnov@gmail.com

О.А. Морозов

ORCID: 0000-0002-8411-2645 e-mail: oa_morozov@nifti.unn.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе рассмотрена модификация метода оценки взаимной временной задержки сигналов с фазовой модуляцией на основе применения алгоритма оптимальной линейной фильтрации по критерию минимума среднеквадратической ошибки (винеровской фильтрации). В качестве заданного рассматривался сигнал канала дальности системы спутниковой связи с временным разделением доступа. Проведено компьютерное моделирование работы алгоритма обнаружения заданного сигнала в условиях влияния белого гауссова шума и райсовского шума. Получены зависимости правильного определения взаимной временной задержки сигналов от отношения сигнал/шум и сравнение результатов применения алгоритма на основе винеровской фильтрации с традиционным алгоритмом корреляционного обнаружения сигналов.

Ключевые слова: временная задержка сигналов, обнаружение сигналов, винеровская фильтрация, райсовский канал.

**APPLICATION OF WIENER FILTRATION IN THE PROBLEM OF DETERMINING
SIGNALS WITH A MUTUAL TIME DELAY**

A.I. Zvorykin, O.A. Morozov

National research Lobachevsky state university of Nizhny Novgorod

Purpose: This article describes a comparative analysis of the results of the phase modulation signal detection algorithms in the problem of determining the mutual time delay. Algorithms based on classical correlation estimation and optimal linear Wiener filtering were considered as detection methods.

Design/methodology/approach: To evaluate the effectiveness of the algorithms was used a computer simulation method. The result of the simulation is the dependence of the results of applying the calculations of the mutual delay of signals from the signal / noise ratio and comparing the results of detection algorithms. The simulation was carried out under the influence of white Gaussian noise and Rician noise on the receiving channel. As a given signal was used the signal of ranging from a satellite communication system with time division access.

Findings: The dependences of the probability of correct detection of a phase-modulated signal in the presence of various types of noise are obtained, a comparative analysis of the effectiveness of signal detection algorithms for various signal-to-noise ratios is carried out.

Originality/value: The results obtained in the course of the work make it possible to evaluate the effectiveness of using Wiener filtering in the problems of detecting signals with phase modulation against the background of various types of noise under conditions of a low signal-to-noise ratio. The proposed algorithm is further proposed to be used in conjunction with the nonlinear filtering method to compensate for the influence of the Doppler effect in the processing of signals from satellite communication systems.

The results obtained are relevant for the development of signal detection algorithms in modern systems.

Keywords: signal time delay, signal detection, Wiener filtering, Rice channel.

**КВАНТОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЦИФРОВОГО КИХ-ФИЛЬТРА
МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

А.С. Бердышева,

ORCID: 0000-0002-8604-6346 e-mail: iamanastasia_b@mail.ru

В.Н. Бугров

ORCID: 0000-0003-3220-9354 e-mail: bug@rf.unn.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Приведено обоснование использования квантования коэффициентов цифрового КИХ-фильтра в концепции динамического программирования, как процесса пошагового квантования коэффициентов с их дискретной оптимизацией на каждом шаге по общей для всего процесса квантования целевой функции. Рассмотрен алгоритм пошагового динамического квантования методами целочисленного нелинейного программирования с учётом заданного масштабирования сигнала. Иллюстрируется эффективность применения данного подхода на примере динамического квантования коэффициентов каскадного КИХ-фильтра верхних частот с минимальной разрядностью представления целочисленных коэффициентов.

Ключевые слова: цифровой КИХ-фильтр, целочисленное нелинейное программирование, динамическое программирование, целевая функция.

**QUANTIZING THE COEFFICIENTS OF A FIR FILTER
DYNAMIC PROGRAMMING METHOD**

A.S. Berdysheva, V.N. Bugrov

National research Lobachevsky state university of Nizhny Novgorod

Purpose: To study the possibility and justification of using the quantization of the coefficients of the digital filter in the concept of dynamic programming, which allows to significantly reduce the functional error of quantization of the coefficients of the cascade FIR filter.

Design / methodology / approach: In classical analytical design, quantization errors in the coefficients of a digital FIR filter are considered unrecoverable, leading to distortion of the frequency characteristics and the need to scale its coefficients. In classical quantization, quantization errors determine the threshold for the bit representation of the coefficients when implementing a digital FIR filter on a particular digital platform. However, a significant decrease in the functional error can be ensured by using a "dynamic" coefficient quantization mechanism based on dynamic programming, as a section of optimal programming, in which the process of solving a general problem can be divided into separate stages (steps), and the results of the solution at one stage of the quantization process significantly affect for the next steps. R. Bellman's principle of optimality, which is the main content of dynamic programming, guarantees that the solution at any step is not locally better, but better from the point of view of the coefficient quantization process as a whole. Dynamic quantization is a process of step-by-step quantization of FIR filter coefficients with their discrete optimization at each step according to the objective function common to the entire quantization process.

Findings: Dynamic quantization can significantly reduce the functional error of implementing the required characteristics of a low-bit FIR filter in comparison with classical statistical quantization. Modern minimization algorithms on a discrete grid with a given bit depth of parameter representation make it possible to solve such a dynamic problem reliably and efficiently, which makes it possible to significantly improve the quality of designed low-bit FIR filters

Research limitations/implications: To numerically solve the minimization problem in a quantized parametric space, an iterative algorithm of directed scanning on a deterministic grid with a discreteness equal to the number of binary digits that each variable is displayed in the code space is required, which fully complies with the requirements of the fixed-point format.

Originality/value: The novelty of the proposed quantization method is determined by the use of a dynamic coefficient quantization algorithm, which makes it possible to obtain a low-bit solution when designing high-speed FIR filters.

Key words: the FIR-filter, integer nonlinear programming, dynamic programming, criterion function.

**ДИСКРЕТНЫЙ СИНТЕЗ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ ЗАЩИТЫ
ОТ НАЛОЖЕНИЯ СПЕКТРОВ****Ю.М. Макарова**ORCID: 0000-0002-6107-1211 e-mail: julietta.mak@mail.ru**В.Н. Бугров**ORCID: 0000-0003-3220-9354 e-mail: bug@rf.unn.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В докладе рассматривается проектирование активного полиномиального полосового фильтра поисковыми методами нелинейного математического программирования в дискретном пространстве параметров. Проектирование осуществляется с учётом реальных моделей операционных усилителей путём их макро моделирования в частотной области. Рассмотрен пример решения задачи синтеза активного фильтра защиты от наложения спектров гидроакустического приёмного тракта. Проведён анализ его теоретических и экспериментальных характеристик.

Ключевые слова: активный фильтр, наложение спектров, дискретное программирование, целевая функция.

**DISCRETE SYNTHESIS OF ACTIVE FILTERS
PROTECTING FROM SPECTRUM OVERLAP****J.M. Makarova, V.N. Bugrov**

National research Lobachevsky state university of Nizhny Novgorod

Purpose: The authors design an active polynomial filter using discrete mathematical optimization. The filter provides protection against spectrum overlap for hydroacoustic receiving station.

Design / methodology / approach: The search methods of non-linear mathematical programming in a discrete parameter space (resistor and capacitor values) is an alternative approach to active filter design. The idea of this methodology is to link the design task to a clear invariant mathematical feature – the extremum of the filter aggregate quality function, called objective function. This function is formed on the basis of the required filter characteristics. The synthesis problem is reduced to minimizing objective function, i.e. finding the coordinates of the global extremum. Minimization is made by search methods. In this paper the readers are introduced to a solution of the synthesis problem obtained with the BARC search program, developed at the radio engineering department by the authors. This package is intended for a multifunctional search design of active devices with an arbitrary structure. At the design stage op amps are replaced by the macromodels in a frequency domain, whose parameters are also computed with search methods using the BARC package. Verification of the found solution was carried out by modeling and measuring the characteristics of a real sample. It is confirmed that the requirements are fulfilled.

Findings: In this paper the design of an active filter using discrete optimization is presented. Set of the requirements are satisfied, namely efficient signal suppression above the Nyquist frequency and low-frequency noise suppression, minimal amplitude distortion in the pass-band, steep cutoff and minimal width of the transition bands, wide dynamic range, discretization of the filter component values, minimal dimensions and weight. Highly reliable solution is obtained despite the complex multiextremal form of the objective function. The electronic circuit is implemented in production.

Research limitations/implications: The requirement of phase linearity was not set within this design problem. When computing the filter complex transfer function by the node voltage method, instead the real op amp, its macromodel is considered, which, however, reflects the characteristics of the op amp with sufficient approximation accuracy for this problem.

Originality/value: Search methods of discrete optimization in an active filter design are a promising and advanced alternative to their traditional analytical calculations. The main difference is that filter synthesis is carried out by a direct search of the component values in a multidimensional discrete space, that makes it possible to design an active filter with any topology, to control easily the priority of the functional characteristics during the filter synthesis, to scale signal amplification in the filter sections and others.

Key words: active filter, spectrum overlap, discrete programming, objective function.

**УСТРОЙСТВО МЕХАНИЧЕСКОГО СКАНИРОВАНИЯ
БОРТОВОГО РАДИОЛОКАТОРА С МАГНИТОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ
ВСТРОЕННОГО КОНТРОЛЯ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ ЛУЧА**

А.В. Голубцов

ORCID: 0000-0002-0736-8532 e-mail: myLetterBox@yandex.ru

Ю.М. Куликов

ORCID: 0000-0002-8549-8906 e-mail: umkulikov@yandex.ru

Н.А. Макарычев

ORCID: 0000-0002-7981-0756 e-mail: nickmak52@gmail.com

С.В. Марьевский

ORCID: 0000-0002-8763-1336 e-mail: 777serzhant888@mail.ru

Е.А. Михалицын

ORCID: 0000-0003-3144-3704 e-mail: mihalitsynea@gmail.com

А.В. Назаров

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

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им.Ю.Е. Седакова»

В докладе предложена новая конструкция устройства углового позиционирования бортового радиолокатора миллиметрового диапазона длин волн с магнитометрической системой встроенного контроля положения луча. Разработаны математическая модель, описывающая зависимость углов сканирования от угловых параметров серводвигателей, и алгоритм управления системой сканирования. В конструкции используются сервоприводы с автоматическим контролем положения, что позволяет в первом приближении не учитывать в математической модели триботехнические потери. Проведен анализ различных законов сканирования радиолокатора. Выбран оптимальный для разработанной конструкции закон сканирования. Предложены способ секторального азимутального отслеживания текущего положения луча с фиксацией нулевого отсчета и косвенный метод контроля текущего угла элевации.

Ключевые слова: устройство углового позиционирования радиолокатора, датчик магнитного поля, закон сканирования.

**THE AIRBORNE RADAR MECHANICAL SCANNING UNIT WITH BEAM
ANGLE POSITION BUILT-IN TEST SYSTEM BASED ON MAGNETIC FIELD SENSORS**

**A.V. Golubzov, U.M. Kulikov, N.A. Makarychev, S.V. Marevskiy, E.A. Mihalitsyn,
A.V. Nazarov**

Branch of federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-russian scientific-research institute of experimental physics» «Scientific-research institute of measuring systems
n.a. Yu.E. Sedakov»

Purpose: The authors provide the new design construction of millimeter wave airborne radar beam angle positioning unit which includes built-in test system based on magnetic field sensors to control beam movements.

Design / methodology / approach: The mathematical model for controlling mechanical system is presented here. The paper contains new information to concern of the sectorial azimuthally control method which could be used for zero-position fixing and the continuous indirect approach of elevation beam scanning angle measuring.

Findings: The paper finds out optimal scanning law for designed unit construction. It also makes conclusions about advantages and disadvantages of each of scanning laws based on the chosen quality metrics.

Research limitations/implications: Research model is limited to no friction case. Nevertheless, the obtained results could be further used in real radar subsystems with automatic control of servo motors positioning.

Originality/value: The value of the whole paper is the new design construction of angle positioning and scanning unit which allows to setup desirable angles position and perform elevation control and azimuthally tracking.

Key words: angle positioning unit of radar, magnetic field sensor, scanning law.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАДИОЛОКАЦИОННОГО СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ ШЕРОХОВАТОЙ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.В. Анфимова

ORCID: 0000-0003-4510-6880 e-mail: aav60892@mail.ru

М.С. Дубровин

ORCID: 0000-0002-0351-6104 e-mail: mx325999@gmail.ru

Ю.М. Куликов

ORCID: 0000-0002-8549-8906 e-mail: umkulikov@yandex.ru

А.В. Назаров

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

Филиал ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

Доклад посвящен моделированию огибающей сигнала, отраженного от шероховатой подстилающей поверхности, с использованием фацетной модели. Математические модели отраженных от подстилающей поверхности радиолокационных сигналов необходимы при синтезе и анализе работы различных радиолокационных систем. Целью исследования является разработка программной модели, обеспечивающей корректный расчет энергетических характеристик и корреляционных свойств принимаемых радиолокационных сигналов и последовательностей различной длительности. Отличительной чертой реализованной математической модели является возможность описания не только изменения формы огибающей сигнала при отражении от подстилающей поверхности, но и ее изменения во времени, возникающего при наличии взаимного движения радиолокационной станции и фацетов, без использования априорной информации о статистическом законе флуктуаций. Показана возможность применения модели для расчетов сигналов, отраженных от сложных радиолокационных сцен, содержащих объекты сложной геометрии на фоне подстилающей поверхности.

Ключевые слова: радиолокация, фацетная модель, огибающая сигнала, флуктуации отраженного сигнала.

SIMULATION MODEL OF THE RADAR BACKSCATTER FROM A ROUGH SURFACES

A.V.Anfimova, M.S.Dubrovina, Y.M.Kulikov, A.V.Nazarov

Branch of federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-Russian scientific-research institute of experimental physics» «Scientific-research institute of measuring systems n.a. Yu.E. Sedakov»

Purpose: The purpose of research is to develop a software model of the envelope signal reflected from a rough surface and provide correct energy characteristics and correlation properties of received radar signals and sequences of various durations.

Design/methodology/approach: The paper deals with the modeling of the envelope signal reflected from a rough surface using a facet model. The envelope signal calculations were made by using CUDA technology and parallel calculation methods. Signal propagation model considers the laws of geometric optics and ray-tracing algorithm.

Findings: Original model simulates changes of the signal envelope amplitude upon reflection from the surface, also its changes in time, which occurs in the presence of mutual motion of the radar station and the surface, without using a priori information about the statistical law of fluctuations.

Research limitations/implications: Mathematical models of radar signals reflected from the surface are necessary for the designing and analysis of operations of various radar systems.

Originality/value: The paper shows the fluctuations simulation using phenomenological method. Original model calculates envelope signal reflected from complex radar scenes including objects of complex geometry and background surface.

Keywords: radar, facet model, signal envelope, amplitude fluctuation.

**СТЕНД «МИКРОСКОП» ДЛЯ ПОВЕРКИ МИКРОВОЛНОВЫХ
РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРОВ**

Е.В. Ботов

ORCID: 0000-0003-0263-8182 e-mail: bev.house@mail.ru

В.Н. Иконников

ORCID: 0000-0001-9455-4001 e-mail: ikonnikovvn@gmail.com

Н.С. Корнев

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

Е.С. Митин

ORCID: 0000-0001-8747-2243 e-mail: evgeni-miti@yandex.ru

А.В. Назаров

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

А.А. Седов

ORCID: 0000-0002-2489-7516 e-mail: aasedov@gmail.com

Д.А. Трегубенко

ORCID: 0000-0002-2067-9554 e-mail: tregubenko-dima@mail.ru

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

Микроволновые радиоинтерферометры широко используются при исследованиях газодинамических процессов для измерения перемещений фронтов детонации и ударных волн. Технические характеристики радиоинтерферометров обеспечивают погрешность измерений не хуже $\pm 0,15$ мм. В статье описаны устройство и принцип действия стенда «Микроскоп» для определения погрешности измерения перемещения отражающей поверхности. В качестве эталона сравнения в составе стенда используется стеклянная штриховая мера 2 класса точности. Приведена методика поверки радиоинтерферометров при помощи данного стенда, а также результаты определения погрешности радиоинтерферометра по представленной методике. Дана теоретическая оценка погрешности измерения перемещений с помощью стенда «Микроскоп».

Ключевые слова: микроволновый радиоинтерферометр, интерферограмма, измерение перемещений, погрешность, поверка, измерительная техника.

**«MICROSCOPE» STAND FOR VERIFICATION OF MICROWAVE RADIO
INTERFEROMETERS**

**E.V. Botov, V.N. Ikonnikov, N.S. Kornev, E.S. Mitin, A.V. Nazarov, A.A. Sedov,
D.A. Tregubenko**

Federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-russian scientific-research institute of experimental physics»

Purpose: The article describes the device and principle of operation of the «Microscope» stand for determining and confirming the measurement error of the reflecting surface movement.

Design/methodology/approach: The stand was created on the basis of an instrumental microscope BMI-1, on the slide table of which a glass line measure of the 2 accuracy class is fixed. The photodetector records changes in the luminosity of the laser, according to the registered signal of which the movement of a slide table with a reflector is determined.

Findings: The technique of verification of microwave radio interferometers using the developed stand is presented, as well as the results of determining the error of the radio interferometer that does not exceed ± 0.15 mm. A theoretical assessment of the measurement error of the reflecting surface movement using the stand does not exceed ± 3 μ m.

Research limitations/implications: The stand allows to determine the measurement errors of the movements of the reflecting surface from 0 to 100 mm.

Originality/value: The developed stand, unlike existing length measuring instruments, has the ability to automatically reproduce the movement of a fixed value, synchronization of registering measurement results, as well as a lower cost.

Keywords: microwave radio interferometer, interferogram, movement measuring, measurement error, verification, measuring equipment.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И МАКЕТИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ

И.А. Илларионов

ORCID: 0000-0002-1065-4724 e-mail: illarionovi@list.ru

С.В. Марьевский

ORCID: 0000-0002-8763-1336 e-mail: 777serzhant888@mail.ru

Е.А. Михалицын

ORCID: 0000-0003-3144-3704 e-mail: mihalitsynea@gmail.com

А.В. Назаров

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

Р.Р. Османов

ORCID: 0000-0002-4324-7623 e-mail: osmanov22ruslan@mail.ru

И.В. Осовицкая

ORCID: 0000-0003-3522-0225 e-mail: oivnn121@mail.ru

Б.Ю. Царев

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

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

При разработке и производстве радиолокационных датчиков (РД) возникает необходимость контроля их основных характеристик. При этом переход разработок в серийное производство требует оптимизации и автоматизации процедуры проверки параметров РД. Таким образом, задача разработки контрольно-проверочной аппаратуры (КПА) для первичного контроля характеристик больших партий РД является в настоящее время весьма актуальной. В статье представлены результаты моделирования и макетирования основных узлов КПА РД – безэховой камеры, линии задержки и узла ослабления (аттенюатора), которые в дальнейшем позволят сформировать окончательный технический облик аппаратуры КПА с учетом технических требований, предъявляемых к РД.

Ключевые слова: радиолокационный датчик, контрольно-проверочная аппаратура, безэховая камера, линия задержки, узел ослабления, моделирование.

SIMULATION AND PROTOTYPING OF CONTROL-TESTING EQUIPMENT GENERAL UNITS FOR RADAR DETECTORS

I.A. Illarionov, S.V. Maryevskiy, E.A. Mihalitsyn, A.V. Nazarov, R.R. Osmanov, I.V. Osovitskaya, B.Yu. Tsarev

Federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-russian scientific-research institute of experimental physics»

Purpose: This article presents the results of simulation and prototyping of control-testing equipment (CTE) general units for centimeter wavelength range radar detectors (RD) for the purpose to select the most acceptable technical solution.

Design / methodology / approach: A pass-through delay line model was proposed as a CTE working alternative. The results of anechoic chamber (AC) simulation, designed to simulate the propagation of the RD probe signal, the delay line prototyping, which allows controlling the RD range, and attenuation node prototyping, which serves to assess the RD energy potential, were analyzed.

Findings: The CTE technical appearance and structure have been determined. The AC geometry was calculated. A set of coaxial cables for the delay line implementation of the test system was determined and the base length estimated calculation was carried out taking into account the RD signal propagation delay in free space. Attenuators were selected in accordance with the required system parameters.

Research limitations/implications: In the future, it is possible to modernize the considered CTE to build a more complex switchable test system with simulated parameters.

Originality/value: The considered CTE model can be used to test the promising RD working capacity.

Keywords: radar detector, control-testing equipment, anechoic chamber, delay line, attenuation unit, simulation.

**ОСОБЕННОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ
ОБЪЕКТОВ**

К.Д. Пирогова

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Одним из направлений развития современных радиолокационных систем является использование многопозиционной конфигурации, чем обеспечивается улучшение характеристик системы в части эффективности обнаружения малозаметных целей, повышения разрешающей способности и точности. В многопозиционных радиолокационных системах в условиях воздействия нестационарных помех целесообразно использовать корреляционный алгоритм обнаружения. Этот алгоритм основан на вычислении взаимно-корреляционного момента между процессами, действующими в пересекающихся лучах двух или более радаров и сравнение его с порогом. В статье рассматриваются особенности применения корреляционного алгоритма при обнаружении распределенных целей, которые занимают одновременно несколько элементов разрешения. Методом математического моделирования получены характеристики обнаружения. Проведен сравнительный анализ эффективности обнаружения распределенных и точечных целей на фоне гауссовского шума, а также оценен выигрыш в отношении сигнал-шум по сравнению со случаем обнаружения целей одиночным радаром.

Ключевые слова: радиолокационные системы обнаружения, многопозиционные РЛС, корреляционный алгоритм, распределенная цель

FEATURES OF CORRELATION DETECTION OF DISTRIBUTED OBJECTS

K.D. Pirogova

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

Purpose: The article discusses the features of using the correlation algorithm when detecting distributed targets that simultaneously occupy several resolution elements.

Design / methodology / approach: The article simulates a multisite radar system consisting of two radars. The input data for the correlation procedure are the results of monostatic target detection in single sensors and the complex samples of 2D FFT after the beam forming. The correlation procedure is performed separately within each area of 2D FFT occupied by a distributed target. Further, the obtained value of the correlation moment is compared with the threshold and a decision is made about the presence or absence of the target.

Findings: A comparative analysis of the efficiency of detection of distributed and point targets against the background of Gaussian noise was carried out, and the gain in signal-to-noise ratio was estimated compared to the case of target detection by a single radar.

Research limitations/implications: The research did not take into account the change in the position of the 2D FFT maximum from the same target for each radar in a distributed radar system.

Originality/value: The value of this work lies in increasing the value of the probability of correct detection of a distributed target. The article also notes that the size of the area occupied by the target does not affect the detection characteristics, which in turn indicates that the detection probability is determined by the 2D FFT maximum.

Key words: radar system, multisite radar system, correlation algorithm, distributed target.

**АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЯ МАЛОПОДВИЖНЫХ
ОБЪЕКТОВ В НЕКОГЕРЕНТНОМ ПЕРЕДВИЖНОМ РАДИОЛОКАТОРЕ**

А.Д. Михайлов

ORCID: 0000-0001-6428-7109 e-mail: MikhailovAD@ntu.ru

А.В. Мякинков

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследование посвящено разработке алгоритма цифровой обработки сигналов для некогерентного передвижного радиолокатора, осуществляющего формирование радиоизображения малоподвижных объектов с обнаружением точек, обладающих наибольшей радиояркостью, в условиях сложного или заведомо неизвестного закона сканирования сектора обзора. В статье определен ряд проблем, связанных с решением поставленной задачи, и описаны способы их преодоления. При перемещении радиолокатора за время сканирования сектора обзора меняется ракурс обзора объектов, что приводит к проблеме «размытия» кадра. Решение проблемы «размытия» кадра при формировании радиоизображения может быть решена без учёта закона сканирования за счет описанного способа организации алгоритма обработки сигналов. Выбор формата представления радиоизображения и рабочей системы координат позволяют существенно сократить вычислительную сложность алгоритма, а также решить проблему совмещения кадров. Для анализа эффективности разработанных решений выполнено математическое моделирование, результаты которого приводятся в докладе.

Ключевые слова: радиоизображение, некогерентная обработка, обнаружение малоподвижных объектов, закон сканирования, система координат.

**AN ALGORITHM FOR GENERATING A RADIO IMAGE OF SEDENTARY OBJECTS IN
AN INCOHERENT MOBILE RADAR**

A.D. Mikhailov, A.V. Myakinkov

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

Purpose: The author provides an algorithm of digital signal processing for incoherent mobile radar, which generates a radio image of sedentary objects with the detection of points with the highest radio brightness in conditions of a complex or obviously unknown scanning law of the viewing sector.

Design / methodology / approach: The paper identifies a number of problems associated with solving the task and describes ways to overcome them. When the radar is moved during the scanning of the viewing sector, the aspect angle of objects changes, which leads to the problem of "blurring" the frame. The solution of the problem of "blurring" of the frame during the formation of a radio image can be solved without taking into account the scanning law due to the described method of organizing the signal processing algorithm. The choice of the radio image representation format and the operating coordinate system can significantly reduce the computational complexity of the algorithm, as well as solve the problem of framesfusion. To analyze the effectiveness of the developed solutions, mathematical modeling was performed, the results of which are presented in the paper.

Findings: The paper finds out optimal signal processing and data organization for incoherent mobile radar, which generates a radio image of sedentary objects with the detection of points with the highest radio brightness in conditions of a complex or obviously unknown scanning law of the viewing sector.

Research limitations/implications: Research is limited to incoherent mobile radar, which generates a radio image of sedentary objects. The developed algorithm is not available for mobile objects detection.

Originality/value: The developed algorithm is practically invariant to the scanning law that makes it universal for an arbitrary mechanical or electronic scanning technique. Thus, changing the construction of the radio frequency front-end, only the parametrization of the algorithm is needed.

Key words: radio image, incoherent processing, detection of sedentary objects, scanning law, coordinate system.

**ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ
И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТАМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
SRR-ЭЛЕМЕНТОВ 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)

Представлена имитационная модель, позволяющая оценивать точность измерения локальных значений электрофизических и геометрических параметров метаматериалов на основе SRR-элементов на металлической подложке методом поверхностных электромагнитных волн. Имитационная модель представляет собой совокупность функционально связанных между собой блока решения прямой задачи, блока минимизации целевой функции, блока имитирующего абсолютные погрешности измерений коэффициентов ослабления поля поверхностной электромагнитной волны и блока, реализующего определение коэффициентов ослабления поверхностной электромагнитной волны с помощью системы электродинамического моделирования. Блоки имитационной модели реализованы на основе системы электродинамического моделирования CST Microwave studio и системы Matlab. Приведены результаты имитационного моделирования по измерению параметров метаматериала на основе прямоугольных SRR-элементов с областью отрицательной рефракции в диапазоне частот 10,06–10,64 ГГц. Численная проверка показала, что локальные значения эффективных электрофизических параметров исследуемого метаматериала отличаются от расчетных не более чем на 10 %.

Ключевые слова: метаматериал, имитационная модель, поверхностная электромагнитная волна, электрофизические параметры, обратная задача

**SIMULATION MODEL OF MEASUREMENTS OF ELECTROPHYSICAL
AND GEOMETRIC PARAMETERS OF METAMATERIALS BASED ON
SRR ELEMENTS BY THE METHOD OF SURFACE ELECTROMAGNETIC WAVES**

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

Zhukovsky and Gagarin Voronezh air force academy

Purpose: development of a simulation model that makes it possible to evaluate the accuracy of measuring local values of electrophysical and geometric parameters of metamaterial based on SRR elements by the method of surface electromagnetic waves.

Design/methodology/approach: the simulation model is a set of functionally interconnected block for solving the direct problem, a block for minimizing the objective function, a block that simulates the absolute errors in measuring the field attenuation coefficients of a surface electromagnetic wave, and a block that implements the determination of the attenuation coefficients of a surface electromagnetic wave using an electrodynamic modeling system. The simulation model is implemented on the basis of the CST Microwave studio electrodynamic modeling system and the Matlab system.

Findings: the simulation model of a real measuring complex has been developed, with the help of which, for various configurations of measuring complexes, it is possible to estimate the errors in determining the dielectric and magnetic permeability of various types of metamaterial. Simulation modeling showed that the local values of the effective electrophysical and geometric parameters of the studied metamaterial based on SRR elements differ from the calculated ones by no more than 10%.

Research limitations/implications: the present article provides a starting-point for further research in the measuring electrophysical parameters of metamaterial.

Originality/value: thus, it has been established that, in fact, the presented approach allows for local inspection of metamaterial parameters, which makes it possible to study how these parameters change over the surface of the sample under study and thereby carry out its quality control.

Keywords: metamaterial, simulation model, surface electromagnetic wave, electrophysical and geometric parameters, inverse problem.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЛОЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ 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)

Представлено формализованное описание метода поверхностных электромагнитных волн, применяемого для определения электрофизических параметров многослойных материалов и покрытий. Разработанные принципы использования в измерительных целях поверхностных электромагнитных волн позволяют в рамках единого методического подхода определять электрофизические и геометрические параметры многослойных диэлектрических и магнетодиэлектрических материалов и покрытий с произвольным числом слоев и значениями электрофизических параметров слоев. Разработанные подходы позволяют в зависимости от типа слоев материала или покрытия, набора подлежащих оценке электрофизических параметров и точности их определения выбирать требуемый набор физически измеряемых характеристик поля поверхностных электромагнитных волн, ширину полосы частот измерений и их количество. Экспериментальные исследования двухслойных и трехслойных диэлектрических покрытий показали, что при ширине полосы частот измерений 9–13 ГГц обеспечивается оценка диэлектрической проницаемости слоев не больше 6 % и толщин слоев не больше 5,5 % с доверительной вероятностью 0,95.

Ключевые слова: поверхностные электромагнитные волны, измерение, многослойные материалы и покрытия, электрофизические и геометрические параметры, операторное уравнение, дисперсионное уравнение, целевая функция

THEORETICAL FOUNDATIONS TO EVALUATE ELECTROPHYSICAL PARAMETERS OF MULTILAYER MATERIALS AND COATINGS USING SURFACE ELECTROMAGNETIC WAVES

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

Zhukovsky and Gagarin Voronezh air force academy

Purpose: development on the basis of a systematic formalized description of the developed method of surface electromagnetic waves of general methodological principles for determining the electrophysical and geometrical parameters of various types of multilayer materials and coatings with a given accuracy and reliability.

Design/methodology/approach: the developed principles of using surface electromagnetic waves for measuring purposes make it possible, within the framework of a unified methodological approach, to determine the electrophysical and geometric parameters of multilayer dielectric and magnetodielectric materials and coatings with an arbitrary number of layers and values of the electrophysical and geometrical parameters of the layers.

Findings: the developed approaches make it possible, depending on the type of layers of a material or coating, the set of electrophysical parameters to be evaluated and the accuracy of their determination, to choose the required set of physically measured characteristics of the field of surface electromagnetic waves, the bandwidth of measurements and their number.

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

Originality/value: thus, it has been established that, in fact, the presented approach allows for local inspection of multilayer materials and coatings parameters, which makes it possible to study how these parameters change over the surface of the sample under study and thereby carry out its quality control.

Keywords: surface electromagnetic waves, measurement, multilayer materials and coatings, electrophysical and geometrical parameters, operator equation, dispersion equation, objective function

О МЕТОДАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФЕРРИТОВЫХ ЦИРКУЛЯТОРОВ НА СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**В.А. Козлов**

ORCID: 0000-0002-9469-2284 e-mail: vkozlov@niis.nnov.ru

Е.А. Михалицын

ORCID: 0000-0003-3144-3704 e-mail: mihalitsynea@gmail.com

А.В. Сорокин

ORCID: 0000-0002-7730-7129 e-mail: insav@rambler.ru

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седякова»

В докладе представлен анализ трех методов проектирования ферритовых циркуляторов на сосредоточенных элементах и выделены их преимущества, недостатки и область применения в комплексном процессе разработки ферритовых развязывающих устройств. Первый метод основан на феноменологической схмотехнической модели замещения ферритового Y-сочленения сосредоточенными индуктивностями собственных двухполюсников и является наиболее широко используемым в инженерной практике в настоящее время. Метод применим лишь к симметричным топологиям. Второй метод основан на идее схмотехнического замещения системы переплетенных проводников двенадцатью сосредоточенными связанными индуктивностями. Коэффициенты связи зависят от угла пересечения проводников, и такая система может быть использована для анализа асимметричных топологий Y-сочленения. В работе представлены результаты интеграции первых двух методов в схмотехнический САПР разработки СВЧ устройств. Третий подход – трехмерное электродинамическое моделирование в САПР СВЧ устройств, - базируется на первых двух методах и позволяет более детально проанализировать влияние паразитных параметров топологии и провести её оптимизацию. Приводится анализ результатов применения трех методов к проектированию оптимизированной топологии циркулятора дециметрового диапазона длин волн.

Ключевые слова: циркулятор на сосредоточенных элементах, система переплетённых проводников, индуктивность связи скрещивающихся проводников, трехмерное электродинамическое моделирование.

THE FERRITE LUMPED ELEMENTS CIRCULATORS DESIGN METHODS**V.A. Kozlov, E.A. Mihalitsyn, A.V. Sorokin**

Branch of federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-russian scientific-research institute of experimental physics» «Scientific-research institute of measuring systems n.a. Yu.E. Sedakov»

Purpose: The authors provides an analysis and application results of three methods of design L-band lumped element ferrite circulators.

Design / methodology / approach: There are three design procedures to be considered here. The first is phenomenological schematic design based on ferrite Y-junction substitution on the lumped eigen-inductivities. The second design method is based on mutual coupling calculation of cross stripes and schematic analysis of twelve ideal transformers representing ferrite Y-junction. 3D Electromagnetic modeling of ferrite Y-junction in 3D CAE of high frequency devices is the third approach which allows comprehensive analysis of parasitic effects and topology optimization.

Findings: The paper finds out optimal ferrite Y-junction topology which obtains high quality performance of designed L-band circulator.

Research limitations/implications: The first approach is limited by symmetric lumped element circulators and widely used in practical engineering. The second approach could be used in design procedures of asymmetric Y-junction circulators. Methods are integrated in CAE of high frequency devices.

Originality/value: The value of the whole paper is the complex lumped element circulators design procedure based on three approaches presented in the paper.

Key words: lumped element circulator, crossover network of traces, mutual inductance of cross stripes, 3D-electromagnetic modeling.

ВНЕДРЕНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ ПАЙКИ ПРИ СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ

Г.П. Суловикина

ORCID: 0000-0001-8634-7053 e-mail: rustblaster@bk.ru

И.О. Усова

ORCID: 0000-0002-8788-4093 e-mail: usova_i@mail.ru

С.В. Кузнецова

ORCID: 0000-0002-7326-5128 e-mail: svlika@mail.ru

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»

В докладе представлен оптимизированный технологический маршрут сборки высокоплотных печатных узлов суперкомпьютерных блоков. Оптимизация осуществлена за счет разработки процесса автоматизированной селективной пайки многорядных разъемов и соединителей, полностью заменяющего традиционные процессы ручного монтажа с помощью паяльника. В работе отражена методика подбора оптимального термопрофиля позволяющая получить полное протекание припоя в отверстия плат разной конструкции.

Ключевые слова: высокоплотный монтаж, селективная пайка, изделия монтируемые в отверстия, пайки соединителей и разъемов

INTRODUCTION OF SELECTIVE SOLDERING IN SERIAL PRODUCTION OF ELECTRONIC MODULES.

G.P. Surovikina, I.O. Usova, S.B. Kuznetsova

Branch of federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-russian scientific-research institute of experimental physics» «Scientific-research institute of measuring systems n.a. Yu.E. Sedakov»

Purpose: Optimization of the board assembly route by automating the operation of mounting connectors into holes using selective soldering. Development of the optimal thermal profile for high-quality flow of solder into the holes.

Design/methodology/approach: A method is proposed for determining the soldering modes of ERI-connectors mounted in holes in an automated way, instead of manual installation with a soldering iron with further control of solder joints.

Findings: In the work, an analysis of the method of automated and manual soldering was carried out, the design was worked out. Aspects of the relevance of automation of soldering into holes and its further introduction into production are described.

Research limitations/implications: Continuation of work aimed at automating assembly processes.

Originality/value: The method of processing the selective soldering thermal profile allows to guarantee the receipt of stable quality of solder joints, connectors, connectors and other components of printed circuit boards mounted in holes of any design.

Keywords: high-density mounting, selective soldering of products mounted in holes, soldering of connectors and connectors.

**ОПТИМИЗАЦИЯ МАРШРУТА СБОРКИ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ
МНОГОСЛОЙНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ LTCC-ПЛАТ ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ПРОЦЕССА
АВТОМАТИЧЕСКОГО ДОЗИРОВАНИЯ**

И.П. Чиненкова

ORCID: 0000-0002-4482-1869 e-mail: irinka13.chip162@gmail.com

И.О. Усова

ORCID: 0000-0002-8788-4093 e-mail: usova_i@mail.ru

С.В. Кузнецова

ORCID: 0000-0002-7326-5128 e-mail: svlika@mail.ru

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова

В докладе рассматриваются особенности процесса автоматического дозирования припойной пасты в полости многослойных керамических плат. Приводятся сравнительный анализ двух существующих технологий группового нанесения припойной пасты (нанесение через трафарет и автоматическое дозирование), рекомендации по выбору формы отпечатков, количества точек дозирования, а также – оптимизированный технологический маршрут сборки.

Ключевые слова: многослойная керамическая плата, технология LTCC, припойная паста, трафаретная печать, дозирование, форма отпечатка припойной пасты, поверхностный монтаж, конвекционная пайка.

**OPTIMIZATION OF THE ASSEMBLY ROUTE OF ELECTRONIC MODULES BASED
ON MULTILAYER CERAMIC LTCC BOARDS THROUGH THE INTRODUCTION OF
AN AUTOMATIC DOSING PROCESS**

I.P. Chinenkova, I.O. Usova, S.B. Kuznetsova

Branch of federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-russian scientific-research institute of experimental physics» «Scientific-research institute of measuring systems n.a. Yu.E. Sedakov»

Purpose: Optimization of technological processes for manufacturing electronic modules based on multilayer ceramic boards and expanding the possibilities of creating products of fundamentally new designs due to the development of components not only on flat surfaces, but also in cavities.

Design/methodology/approach: A new method for applying solder paste to ceramic boards is proposed, which allows not only to improve the quality of the resulting solder paste prints, stability and repeatability, but also to produce fundamentally new designs.

Findings: An optimized technological route for assembling an electronic module based on multilayer ceramics has been developed, which makes it possible to install surface-mounted products not only on the surface, but also in cavities of various depths.

Research limitations/implications: This article is a continuation of the complex of works on the manufacture of electronic modules based on ceramic LTCC boards.

Originality/value: Using the automatic dosing unit makes it possible to apply solder on multi-level ceramic plates in automatic mode, which, in turn, will allow serial assembly of such plates.

Keywords: multilayered ceramic plate, Low Temperature Co-fired Ceramic, solder paste, screen printing, dosage, solder paste print shape, surface mounting, convection soldering.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО СОЗДАНИЮ МАЛОГАБАРИТНЫХ ШИРОКОПОЛОСНЫХ АНТЕНН ДЛЯ САМОЛЕТОВ И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А.В. Пилькевич

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

И.А. Илларионов

ORCID: 0000-0002-1065-4724 e-mail: illarionovi@list.ru

А.В. Кузнецов

ORCID: 0000-0002-5839-2890 e-mail: avkvk@mail.ru

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова

Основными проблемами разработки антенн летательных аппаратов (ЛА) являются: 1) жесткие требования к массогабаритным характеристикам, 2) условия размещения антенн на металлическом экране-корпусе ЛА. Решение задачи синтеза антенн ЛА осложняется требованиями к широкой рабочей полосе частот (более 30%), формированию всенаправленных или направленных характеристик излучения. Цель работы состояла в разработке комплекса малогабаритных приемных антенн L-диапазона, состоящего из четырех типов антенн с размещением на самолете или беспилотном ЛА систем телеметрии. В разработанный комплекс входят всенаправленные антенны линейной поляризации, построенные на базе широкополосных печатных дипольных антенн, направленные антенны круговой поляризации, построенные на базе монофиларной спиральной антенны и плоской двухзаходной спиральной антенны. В статье приводятся особенности конструкций каждого типа антенн, обеспечивающие требуемые характеристики излучения и конструктивную прочность, приводятся результаты теоретического и экспериментального исследований.

Ключевые слова: малогабаритная антенна, печатная дипольная антенна, широкополосная монополярная антенна, цилиндрическая спиральная антенна, плоская спиральная антенна.

STUDY ON THE DESIGNING OF THE WIDE BAND SMALL-SIZED ANTENNAS FOR AIRCRAFT AND UNMANNED AERIAL VEHICLES

A.V. Pilkevich, I.A. Illarionov, A.V. Kuznetsov

Branch of federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-russian scientific-research institute of experimental physics» «Scientific-research institute of measuring systems n.a. Yu.E. Sedakov»

Purpose: The aim of the work was to design a set of small-sized L-band receiving antennas, consisting of four types of antennas, placed on an aircraft or an unmanned aerial vehicle of the telemetry system. Antennas have significantly different radiation characteristics, providing a solution to telemetry problems.

Design / methodology / approach: The developed antenna complex includes omnidirectional antennas of horizontal and vertical polarization, based on the broadband printed dipole antennas, directional antennas of circular polarization, based on a monofilar helical antenna and a low-profile two-arm spiral antenna. The paper describes the design features of each type of antennas including methods of the miniaturization that provide the required radiation characteristics and constructive stability. The paper presents the results of theoretical, numerical and experimental studies.

Findings: The paper describes methods for achieving a wide band of operating frequencies (more than 30%) with relatively small dimensions of antennas, as well as constructive methods for ensuring stability.

Research limitations/implications: The results of the research can be applied in the design of onboard phased antenna arrays, as well as ground communication systems.

Originality/value: The paper contains the results of the designing of the construction the on-board wideband small-sized antennas with diverse characteristics based on the new miniaturization methods confirmed theoretical and experimental research.

Key words: small-sized antenna, printed dipole antenna, printed wideband monopole antenna, helical antenna, low-profile spiral antenna, unmanned aerial vehicles.

ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛНОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ

Е.А. Лупанова

ORCID: 0000-0001-6389-9939 e-mail: ealupanova@yandex.ru

С.М. Никулин

ORCID: 0000-0003-3906-8371 e-mail: nikulin-serg2006@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе предложен способ измерения волнового сопротивления микрополосковой линии передачи векторным анализатором цепей. В диапазоне от 0,02 до 2,0 ГГц волновое сопротивление определяют из результатов измерений S-параметров T и L-соединений коаксиально-полосковых переходов с отрезками короткой и электрически длинной линии. Частотную зависимость волнового сопротивления в диапазоне от 0,02 до 26,50 ГГц определяют с помощью широкополосного TRL-метода и схемной модели полосковой линий в системе автоматизированного проектирования AWR. В основу предлагаемого решения положена концепция стандарта Битти. Актуальность решения задачи показана на примере идентификации собственных параметров чип резисторов.

Ключевые слова: микрополосковая линия, волновое сопротивление, эффективная диэлектрическая проницаемость, S-параметры, векторный анализатор цепей, LTR -метод, стандарт Битти, система автоматизированного проектирования, схемная модель, чип резистор.

MEASUREMENT OF THE WAVE RESISTANCE OF A MICROSTRIP LINE

E.A. Lupanova, S.M. Nikulin

Nizhniy Novgorod statetechnical university n.a.R.E. Alekseev

Purpose: The article proposes a method for measuring the wave impedance of a microstrip transmission line with a vector network analyzer.

Design/methodology/approach: In the range from 0.02 to 2.0 GHz, the wave impedance is determined from the results of measurements of the S-parameters T and L-connections of coaxial-strip junctions with segments of a short and electrically long line. The frequency dependence of the wave impedance in the range from 0.02 to 26.50 GHz is determined using the broadband TRL method and the circuit model of strip lines in the AWR computer-aided design system. The proposed solution is based on the concept of the Beatty standard.

Findings: New method for determining the wave impedance of a microstrip line from the measurement results is proposed.

Research limitations/implications: Research to determine the wave impedance of microstrip lines continues.

Originality/value: The relevance of solving the problem is shown by the example of identifying the intrinsic parameters of chip resistors.

Keywords: microstrip line, wave impedance, effective permittivity, S-parameters, vector network analyzer, LTR method, Beatty standard, computer-aided design system, circuit model, chip resistor.

**ИЗМЕРЕНИЕ БИСТАТИЧЕСКОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ
ОСТРОНАПРАВЛЕННЫМИ АНТЕННАМИ НА ФОНЕ МЕШАЮЩИХ ПОМЕХ**

Е.А. Лупанова

ORCID: 0000-0001-6389-9939 e-mail: ealupanova@yandex.ru

С.М. Никулин

ORCID: 0000-0003-3906-8371 e-mail: nikulin-serg2006@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящий момент измерения бистатического коэффициента отражения требуют наличия безэховой камеры, обработка сигнала проводится методом оконной фильтрации с прямым и обратным преобразованием Фурье, что неизбежно приводит к возникновению эффекта Гиббса. В данной работе предлагается принципиально новый метод измерения бистатического коэффициента отражения на фоне мешающих помех. Измерения проводятся в обычном лабораторном помещении, при обработке сигнала используется принципиально новый метод выявления измеряемой величины на фоне мешающих сигналов, порожденных непрямые трассами электромагнитных волн в обычном лабораторном помещении. В качестве объекта измерения использовались плоские образцы фторопласта-4.

Ключевые слова: бистатический коэффициент отражения, остронаправленные антенны, измерения на фоне мешающих сигналов.

**BISTATIC REFLECTION MEASUREMENT POINTED ANTENNA
IN THE BACKGROUND OF INTERFERENCE**

E.A. Lupanova, S.M. Nikulin

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

Purpose: The paper proposes a fundamentally new method for measuring the bistatic reflection coefficient against the background of interfering noise.

Design/methodology/approach: Currently, measurements of the bistatic reflectance require an anechoic chamber. Signal processing is carried out by window filtering with forward and inverse Fourier transforms, which inevitably leads to the Gibbs effect. In this work, it is proposed to measure in an ordinary laboratory room, while signal processing uses a fundamentally new method for detecting the measured value against the background of interfering signals generated by indirect electromagnetic wave paths in a conventional laboratory room. Flat samples of PTFE-4 were used as the measurement object.

Findings: New method for detecting the measured value against the background of interfering signals is proposed.

Research limitations/implications: Research on the possibility of using this method is ongoing, work is currently underway with low-directional antennas.

Originality/value: This method makes it possible to carry out antenna measurements without an anechoic chamber; in addition, processing the measurement results in a new way makes it possible to avoid the manifestation of the Gibbs effect.

Keywords : bistatic reflectance, highly directional antennas, measurements against the background of interfering signals.

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ СУБТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА С ЦИФРОВЫМ УСТРОЙСТВОМ НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ

М.В. Андреянов

ORCID: 0000-0003-4773-9630 e-mail: imihail7355@gmail.com

В.В. Бирюков

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

А.П. Лискович

ORCID: 0000-0002-6565-6540 e-mail: lap_19_99@mail.ru

В.А. Малахов

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

А.С. Раевский

ORCID: 0000-0001-8678-0949 e-mail: raevsky_as@mail.ru

В.В. Щербаков

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе рассмотрены вопросы, связанные с проектированием беспроводной линии связи, работающей в субтерагерцовом диапазоне частот. В передатчике СВЧ-сигнал от опорного генератора преобразуется путем умножения для получения субтерагерцового сигнала. Обосновывается выбор вида и способа модуляции. В приемнике перевод сигнала на промежуточную частоту осуществляется с использованием гармоникового смесителя. Источником информационного сигнала служит цифровое устройство, ключевым элементом которого является программируемая логическая интегральная схема.

Разработан макет беспроводной линии связи субтерагерцового диапазона, на котором была продемонстрирована возможность передачи цифровых данных.

Ключевые слова: программируемая логическая интегральная схема; субтерагерцовый диапазон; цифровая связь; беспроводная линия связи.

ISSUES OF DESIGNING A WIRELESS COMMUNICATION LINE OF THE SUB-TERAHERTZ RANGE WITH A DIGITAL DEVICE BASED ON A PROGRAMMABLE LOGIC INTEGRATED CIRCUIT

M.V. Andrejanov, V.V. Birjukov, A.P. Liskovich, V.A. Malahov, A.S. Raevskii, V.V. Scherbakov

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

Purpose: The paper considers issues related to the design of nodes for building a communication line operating in the sub-terahertz frequency range.

Design/methodology/approach: The paper uses an approach in which the original microwave signal is converted by multiplication to obtain a sub-terahertz signal on the transmitting side. On the receiving side, the method of heterodyning was applied to transfer the signal to an intermediate frequency for demodulation. A programmable logic integrated circuit was chosen as a key element of the digital device, which can be reconfigured, unlike chips with rigid logic. Using such an approach from the point of view of functionality implies flexibility and variability of solutions. At the same time, from a technical point of view, it provides a higher data transfer rate.

Findings: Based on the issues discussed, a layout of a wireless communication line of the sub-terahertz range was designed. Then, using a digital device based on a programmable logic integrated circuit, coupled with a mock-up, the possibility of transmitting digital data was demonstrated.

Research limitations/implications: Due to the specifics of the layout used, only one-way data transmission is possible, that is, there is no feedback. This imposes a restriction on checking the correctness of the received data. In the future, it is planned to get rid of this drawback.

Originality/value: Thanks to the issues considered, it becomes possible to create a layout for testing and organizing communications in the field of sub-terahertz frequencies. To date, this issue is especially relevant due to the interest in the little-studied frequency range.

Keywords: programmable logic integrated circuit; sub-terahertz range; digital communication; wireless communication line.

АЛГОРИТМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ ПОМЕХ АППАРАТУРЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ

В.В. Бирюков

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

М.Н. Бисярин

ORCID: 0000-0003-1052-7247 e-mail: maksimbis@mail.ru

Е.М. Котылева

ORCID: 0000-0002-5198-7795 e-mail: e.kotyleva@bk.ru

В.А. Малахов

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

А.С. Раевский

ORCID: 0000-0001-8678-0949 e-mail: raevsky_as@mail.ru

В.В. Щербаков

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Приведен алгоритм пространственной селекции помех аппаратуры спутниковой навигации многоэлементной плоской антенной решеткой (АР) путем формирования максимумов диаграммы направленности на спутники навигационных систем ГЛОНАСС и GPS: производится расчет амплитудно-фазового распределения плоской АР по ряду входных параметров: число элементов, направление на спутник в сферической системе координат, связанной с фазовым центром антенной решетки, угол сканирования. Описывается алгоритм визуализации диаграммы направленности многоэлементной плоской АР, которая осуществляется как для отдельного спутника, так и для всех видимых спутников в данной точке траектории движущегося объекта, на котором расположена АР. Полученные результаты будут использованы при цифровом формировании диаграммы направленности АР на движущемся объекте.

Ключевые слова: пространственная селекция помех, плоская антенная решетка, амплитудно-фазовое распределение, диаграмма направленности.

THE ALGORITHM OF SPATIAL SELECTION OF INTERFERENCE OF SATELLITE NAVIGATION EQUIPMENT

**V.V. Biryukov, M.N. Bisyarin, E.M. Kotyleva, V.A. Malakhov, A.S. Raevskii, V.V.
Scherbakov**

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

Purpose: The authors propose to implement an algorithm for spatial selection of interference by a multi-element flat antenna array by forming maxima of the radiation pattern on satellites of GLONASS and GPS navigation systems.

Design / methodology / approach: The article uses an algorithm for generating the maxima of the radiation pattern, which consists in calculating the amplitude-phase distribution of a flat square antenna array according to a number of input parameters: the number of elements, the direction to the satellite in a spherical coordinate system associated with the phase center of the antenna array, the scanning angle. The calculation results are presented in the form of a matrix-a column of weighting coefficients, where each element of the matrix corresponds to the amplitude and phase in the format of complex numbers, which must be applied to the element of the antenna array. Visualization is carried out both for a single satellite and for all visible GLONASS and GPS satellites at a given point in the trajectory of a moving object on which the antenna array is located.

Findings: The article presents a mathematical model of spatial selection of radio frequency interference for navigation purposes using a multi-element flat antenna array.

Research limitations/implications: Research is limited to flat antenna arrays. Nevertheless, the results obtained will make it possible to give recommendations on the location of the antenna array on the body of a moving object so that the maximum number of satellites falls into the field of view.

Originality/value: The value of the whole article lies in the fact that the developed interference selection algorithm will find wide application for satellite navigation systems, since standard methods are not applicable in such systems.

Key words: interference selection, flat antenna array, amplitude-phase distribution, multi-lobed radiation pattern.

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ СВЧ С ГОФРИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ЭКРАНА

Ю. Г. Белов

ORCID: 0000-0002-2753-119X e-mail: bel266@nntu.ru

Е. М. Мулина

ORCID: 0000-0002-8560-1803 e-mail: kat.mulina@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Линии передачи СВЧ (волноводы, коаксиальные кабели) с гофрированной оболочкой (поверхностью экрана) обладают механической гибкостью, что позволяет их эффективно использовать в составе мобильных радиолокационных и связных комплексов, а также в стационарных условиях для подачи СВЧ-сигнала от передатчика к антенне, расположенной на высокой высоте. В работе представлено решение задачи о расчете фазовой постоянной волн в круглом и эллиптическом гофрированных волноводах и гофрированном коаксиальном кабеле. Использован «импедансный» метод, позволяющий свести задачу к расчету распространения волн в аксиальной области линии передачи («на просвет») при удовлетворении на поверхности этой области импедансным граничным условиям, установленным исходя из граничных условия на гофрированной идеально проводящей поверхности. Данный подход ранее применялся при расчете волноведущих структур с Н- и Е-волнами (строго говоря, НЕ- и ЕН-волнами). Для коаксиального кабеля с Т-волной он использован впервые.

Ключевые слова: волноводы, коаксиальный кабель, фазовая постоянная волн, импедансный метод

CONCEPT OF THE IC LAYOUT DESIGN RULE CHECKING SYSTEM IMPLEMENTATION

Е. М. Mulina, Ю. Г. Белов

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

Purpose: Calculation of the phase constant of waves in round and elliptical corrugated waveguides and in a corrugated coaxial cable.

Methodology: The work uses the "impedance" method, which allows reducing the problem of calculating the electromagnetic field in a transmission line with corrugated walls to the problem of a transmission line with smooth walls. Approximate conditions of the impedance type, which are set on these walls, based on the boundary conditions on the corrugated surface.

Findings: The paper presents the derivation of impedance boundary conditions for transmission lines with round and elliptical shapes of the screen surface, the formulation of the problem of calculating the phase constant of waves in the three above-mentioned transmission lines is given. As an illustration of the possibilities of the approach used, the numerical results are given for one of them.

Research limitations: The "impedance" method assumes that the corrugated screen surface is perfectly conductive. The corrugation profile must be described by a smooth function of the longitudinal coordinate. In this paper, the derivation of impedance boundary conditions is presented for a corrugation of a sinusoidal profile, provided that the dimensions of the corrugation are much smaller than the cross section of the screen.

Originality: The approach described in this paper was previously applied to waveguides. For a coaxial cable, it is used for the first time.

Keywords: waveguides, coaxial cable, wave phase constant, impedance method.

**МЕТОД РАСЧЕТА ПОГОННЫХ ПОТЕРЬ НАПРАВЛЯЮЩИХ
ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СТРУКТУР
С ШЕРОХОВАТЫМИ ЭКРАНИРУЮЩИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ**

В.В. Бирюков,

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

С.Г. Лобин

ORCID: 0000-0002-5716-1433 e-mail: s.lobin@live.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеев

В докладе предложен метод оценки погонных потерь в электродинамических направляющих структурах с шероховатыми экранирующими поверхностями, позволяющий получить простое выражение для эквивалентной проводимости неидеальной поверхности, которое может быть использовано в известных выражениях для погонных потерь или при моделировании различных направляющих структур в САПР. Предложенный метод основан на градиентной модели шероховатой поверхности и методе ориентированных графов. В качестве объекта исследований при разработке метода использовались экранированные направляющие структуры сантиметрового, миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов длин волн с шероховатыми стенками и каноническими формами поперечных сечений. Так же проведен количественный и качественный анализ существующих моделей и методов описания шероховатостей экранирующих поверхностей, с целью определения их достоинств и недостатков.

Ключевые слова: шероховатая поверхность, градиентный метод, прямоугольный волновод, круглый волновод.

**METHOD FOR CALCULATION OF THE LOSSES PER UNIT LENGTH
OF THE GUIDING ELECTRODYNAMIC STRUCTURES
WITH ROUGH SHIELDING SURFACES**

V.V. Biryukov, S.G. Lobin

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

Purpose: The authors propose a method for estimating losses in electrodynamic guiding structures with rough shielding surfaces, which makes it possible to obtain a simple expression for the equivalent conductivity of a nonideal surface.

Design / methodology / approach: The essence of the method consists in dividing a rough surface into layers, the effective conductivity of which will vary from the conductivity of the metal to the conductivity of air, and the nature of its change from layer to layer will be determined by the roughness distribution profile. The study of the reflection of an electromagnetic wave from the considered rough surface is carried out by the method of directed graphs, which makes it possible to take into account multiple reflections of the wave from the boundaries of each layer. Using the known expressions for the reflection and transmission coefficients in accordance with the Fresnel formulas and making a number of mathematical transformations, it was possible to obtain the equivalent conductivity of the rough surface under consideration.

Findings: Using the developed technique, one can obtain a simple expression for the equivalent conductivity of a rough surface, which can be used in well-known expressions for losses per unit length or when modeling various guiding structures in CAD.

Research limitations/implications: The experimental study is limited by the complexity of it. However, comparison with existing and applied methods indicates the correctness of the results.

Originality/value: The value and scientific novelty of the article lies in the development of the gradient model and the use of the concept of partial Brillouin waves to take into account the influence of the roughness of the conductive shielding surfaces on the losses in the guiding electrodynamic structures. The paper presents the obtained dependences of the effective specific conductivity of a rough surface on the height and width of irregularities, it is shown that the magnitude of losses is affected not only by the magnitude of irregularities, but also by their distribution. The validity of the results obtained is determined by the use of rigorous mathematical calculation methods. The reliability of the results is confirmed by comparison with the results of modeling in CAD and with the works of other authors.

Key words: rough surface, gradient method, rectangular waveguide, circular waveguide.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ МИКРОПОЛОСКОВОГО ГРЕБЕНЧАТОГО ФИЛЬТРА

В.В. Баусов

ORCID:0000-0003-3848-682X e-mail: bausov.vova@yandex.ru

В.В. Бирюков

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

Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева

В докладе предложена модель гребенчатого фильтра в микрополосковом исполнении, позволяющая осуществлять частотно-селективный прием СВЧ сигнала. Построение и исследование модели проводится в САПР HFSS Ansys Designer 8.0. Рабочая модель имеет цепь обратной связи, состоящую из 4-х различных линий задержки, каждая из которых настраивает фильтр на прием определенного сигнала. Оценено отношение сигнал-шум на выходе устройства. Рассмотрены способы реализации данной модели в качестве устройства селективного выделения частот. Проведен анализ возможности применения устройства в КВЧ диапазоне.

Ключевые слова: гребенчатый фильтр, частотно-селективное устройство, отношение сигнал-шум, линия обратной связи.

DESIGN AND RESEARCH OF A MICROSTRIP COMB FILTER MODEL

V.V. Bausov, V.V. Biryukov

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

Purpose: This article proposes a model of a comb filter in a microstrip design for the implementation of frequency-selective reception of microwave signals.

Design / methodology / approach: The design and research of the model is carried out in CAD HFSS Ansys Designer 8.0. The working model include a feedback circuit consisting of 4 different delay lines. Each line is switched on separately using a pin diode and serves to receive a specific signal. Various combinations of feedback lines, as well as cascade construction of the device, are considered. The signal-to-noise ratio is estimated by comparing the attenuation of the useful signal and the additive white Gaussian noise at the filter output.

Findings: The characteristics of the comb filter at various parameters of its nodes are found. The benefit in the signal/noise ratio is estimated. Conclusions are drawn about the possibility of using the device in the EHF band.

Research limitations/implications: The study is limited to the idealization of the model used in the applied CAD. However, this filter model can be used as a receiver of periodic signals and a frequency selection device.

Originality/value: The proposed model of a frequency-selective microwave device can be used in modern radio communication systems, radar and radio monitoring. In addition, the microstrip design allows, with small weight and size parameters, to have the required characteristics and low cost.

Keywords: comb filter, frequency-selective device, signal-to-noise ratio, feedback line.

**АЛГОРИТМ И СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАДАННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ПОЛЯ ИЗЛУЧЕНИЯ С ТОРЦА ОТКРЫТОГО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА**

С.А.Капустин

ORCID: 0000-0001-5948-4044 e-mail: Kapustin_1994@mail.ru

М.С.Нечаева

ORCID: 0000-0002-4517-7948 e-mail: m_myakisheva@inbox.ru

А.С.Раевский

ORCID: 0000-0001-8678-0949 e-mail: raevsky_as@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Отрезки открытых диэлектрических волноводов (ОДВ) находят применение в качестве излучающих элементов антенн осевого излучения, в частности, облучателей радиоинтерферометров. При этом актуальной является задача формирования заданного поля излучения с торца ОДВ. Для её решения предлагается произвести синтез поля на излучающей апертуре ОДВ.

Алгоритм основан на решении системы двух интегральных уравнений Фредгольма 1-го рода относительно тангенциальных к плоскости апертуры компонентов напряжённостей электрического и магнитного полей. Поле на излучающей апертуре представляется в виде разложения по полям собственных волн ОДВ. Результатом решения задачи синтеза являются амплитудные коэффициенты полей волн.

Используя методику, описанную выше, по экспериментально измеренному полю излучения производится расчёт фактических, определяемых в основном геометрией излучателя и возбуждающим устройством, амплитудных коэффициентов волн. Для приведения фактического распределения поля к требуемому предлагается использовать пространственный фильтр в виде диэлектрической пластины, изготовленной из поглощающего материала, помещенной на торец ОДВ. Коэффициент поглощения в пластине является функцией координат, рассчитанной через разность фактической и требуемой функции распределения поля. Приводятся результаты расчётов, полученные на основе численно-аналитической модели и с помощью моделирования с использованием САПР.

Ключевые слова: задача об излучении, открытые диэлектрические волноводы, интегральные уравнения.

**ALGORITHM AND METHOD FOR FORMING A GIVEN DISTRIBUTION OF THE
RADIATION FIELD FROM THE END OF OPEN DIELECTRIC WAVEGUIDE**

S.A. Kapustin, M.S. Nechayeva, A.S. Raevskii

Nizhny Novgorod state technical university. R.E. Alekseev

Purpose: formation of a given radiation field from the end face of an open dielectric waveguide.

Design/methodology/approach: solution of the system of two integral Fredholm components of the 1st ratio with respect to the components of the strengths of the components and the magnetic field that are tangential to natural apertures.

Findings: filter detection characteristics obtained by numerical-analytical and analysis using CAD.

Research limitations/implications: to form a given field, it is possible to use a bulk filter in the form of a dielectric plate made of absorbing material.

Originality/value: the task of forming a given field from the end of an open dielectric waveguide is very relevant, since they are used as radiating elements of antenna-axial radiation, in particular, irradiators of radio interferometers.

Keywords: radiation problem, open dielectric waveguides, integral equations.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТЕРЖНЕВОЙ
АНТЕННЫ С ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ, УПРАВЛЯЕМОЙ ЧАСТОТОЙ**

В.А. Малахов

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

А.С. Нечаев

ORCID: 0000-0002-2087-697X e-mail: art.s.nechaev@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Представлена конструкция диэлектрической стержневой антенны с частотно-управляемой диаграммой направленности. Функционирование данной антенны основано на селективном возбуждении вытекающей волны E_{01} круглого открытого диэлектрического волновода. Показано, что обеспечивается возможность работы антенны как в режиме осевого, так и радиального излучения. Приведены результаты моделирования исследуемой антенны в САПР и экспериментального исследования её характеристик.

Ключевые слова: антенна, вытекающие волны, открытый диэлектрический волновод, моделирование в САПР

**RESEARCH OF THE CHARACTERISTICS OF A DIELECTRIC ROD ANTENNA WITH
A FREQUENCY-CONTROLLED RADIATION PATTERN**

V.A. Malakhov, A.S. Nechaev

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

Purpose: CAD-modelling and experimental research of the characteristics of the proposed dielectric rod antenna design.

Design / methodology / approach: The operation of the antenna is based on the selective excitation of the E_{01} leaky wave of a round open dielectric waveguide. The radiation pattern of the antenna is controlled by the frequency of the input signal.

Findings: The research showed that it is possible to provide axial and radial radiation modes in the dielectric rod antenna.

Research limitations/implications: The presented research can help in the further creation of leaky wave antennas.

Originality/value: The possibility of creating the dielectric rod antenna operating in the little-studied range of leaky waves of a round open dielectric waveguide is shown.

Key words: antenna, leaky waves, open dielectric waveguide, CAD-modelling

МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ МОНИТОРИНГА И АДАПТАЦИИ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ОРГАНИЗАЦИИ

С.С. Белоусов

ORCID: 0000-0002-4314-6806 e-mail: belousovtel@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)

В работе предложена методика и алгоритм мониторинга и адаптации структуры системы связи организации, основанные на определении функционального состояния направлений связи между подчиненными объектами в режиме реального времени и гибком изменении указанной структуры в соответствии со складывающейся обстановкой. Проведен количественный и качественный анализ среднего времени исправности требуемого ресурса связи на каждом пункте управления входящим в единую сеть управления объектами, путем расчёта живучести, надежности и помехоустойчивости отдельных линий и каналов связи. Кроме того определены меры по восстановлению исправности системы связи за счёт проведения мероприятий по вводу резерва, срочных ремонтных мероприятий, а также ввода мобильных комплектов аппаратуры.

Ключевые слова: мониторинг, адаптация, управление, структура, система связи, исправность, восстановление.

METHODOLOGY AND ALGORITHM FOR MONITORING AND ADAPTATION OF THE STRUCTURE OF THE COMMUNICATION SYSTEM OF ORGANIZATION

S.S. Belousov, P.A. Fedyunin

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: The author proposes a methodology and algorithm for monitoring and adapting the structure of an organization's communication system, based on determining the functional state of communication directions between subordinate objects in real time and flexible changing this structure in accordance with the current situation.

Design / methodology / approach: The article selects the health indicators of the technical basis of the organization's management system - the communication system, as well as the classification of functional states, which makes it possible to determine the most optimal object control point at the current time, which has the best characteristics. The author in his methodology applies the provisions of the theory of reliability, the theory of probability, determining the functional states of the communication system of an organization based on a graph with the compilation of Kolmogorov's differential equations. This solution allows you to determine and timely adapt the structure of the communication system in order to improve the efficiency of managing subordinate objects.

Findings: The author suggests promising directions for the development of research to improve the efficiency of facility management, taking into account the obtained scientific results.

Research limitations/implications: The study is limited to a predictable database of destructive external influences on the control system, which has a certain random character.

Originality/value: The value of the entire article is the novelty in the approach to determining the functionality of a communication system based on the serviceability of its elements, as well as its timely and flexible rebuilding, which allows to ensure the continuity of control of subordinate objects in the interests of performing their tasks.

Key words: monitoring, adaptation, management, structure, communication system, serviceability, restoration.

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СЕТИ
ДЕКАМЕТРОВОЙ РАДИОСВЯЗИ С АДАПТИВНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ СТРУКТУРНЫМ
И ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ РЕСУРСОМ**

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)

Представлены модель и алгоритм функционирования автоматизированной сети декаметровой радиосвязи с адаптивным управлением структурным и параметрическим ресурсом. Структурная адаптация предлагается на основе ретрансляции сигналов по составным или параллельным радиолиниям. Управление структурой радиолинии в предложенной модели осуществляется на основе исходных данных о состоянии ионосферы, сигнально-помеховой обстановки в точке приема, топологии сети и состоянии ее элементов. В рамках структурной адаптации обеспечивается возможность управления параметрами радиолинии с целью их оптимизации. Разработанный алгоритм функционирования предложенной радиосети позволяет на основе анализа результатов исходных данных обеспечить работу радиосети в режиме организации радионаправлений в простых условиях сигнально-помеховой обстановки, либо в одном из адаптивных помехоустойчивых режимов. В модели предложены следующие режимы повышения помехоустойчивости: ретрансляция сигналов по составным либо параллельным радиолиниям с выбором оптимального количества ретрансляторов и оптимизацией их энергетических параметров для обеспечения требуемой достоверностью связи; попеременная ретрансляция сигналов с минимизацией времени излучения передатчиков в целях повышения разведзащищенности радиосети; комбинированные режимы, основанные на сочетании перечисленных. Разработанные модель и алгоритм функционирования автоматизированной сети декаметровой радиосвязи позволяют обосновать способы повышения помехоустойчивости и разведзащищенности на основе адаптивного управления структурным и параметрическим ресурсом.

Ключевые слова: декаметровая радиосвязь, автоматизированная сеть радиосвязи, адаптивное управление, структурная адаптация, параллельная ретрансляция, попеременная ретрансляция, помехоустойчивость, разведзащищенность

**MODEL AND ALGORITHM OF FUNCTIONING OF AN AUTOMATED NETWORK OF
DECAMETAL RADIO COMMUNICATION WITH ADAPTIVE CONTROL OF STRUCTURAL
AND PARAMETER RESOURCE**

A. V. Ryabov

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: Improving the noise immunity and intelligence protection of decameter radio communication networks based on adaptive control of the structural and parametric resource.

Design/methodology/approach: a model and an algorithm for the operation of an automated decameter radio communication network with adaptive control of a structural and parametric resource have been developed. Structural adaptation is proposed on the basis of signal retransmission over composite or parallel radio links. The control of the radio link structure in the proposed model is based on the initial data on the state of the ionosphere, the signal-interference situation at the receiving point, the network topology and the state of its elements. Within the framework of structural adaptation, it is possible to control the parameters of the radio link in order to optimize them.

Findings: The presented model and the functioning algorithm of the adaptive radio network make it possible to estimate the possibilities for increasing its effectiveness.

Research limitations/implications: the presented article is the starting point for further research in the field of building adaptive radio networks.

Originality/value: the developed model and algorithm for the operation of an automated decameter radio communication network make it possible to justify ways to increase noise immunity and intelligence protection based on adaptive control of a structural and parametric resource.

Keywords: decameter radio communication, automated radio communication network, adaptive control, structural adaptation, parallel relaying, variable relaying, noise immunity, intelligence protection.

**НОРМИРОВАНИЕ ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАТУХАНИЯ И
МОЩНОСТИ ШУМОВ В АНАЛОГОВЫХ ОКОНЧАНИЯХ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ**

К.А. Батенков

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

Академия ФСО России, г. Орёл

В работе обобщаются процедуры вычисления и определения пригодности таких параметров аналоговых окончаний телекоммуникационных сетей как амплитудно-частотная характеристика, средняя невзвешенная мощность шума, средняя психофотметрическая мощность шума, защищенность от внятного переходного влияния. Установлено, что для простого и составного канала тональной частоты нормы зависят от количества транзитных каналов тональной частоты; для каналов, образованных с помощью цифровых систем передач нормы зависят от типа аналогового или цифрового окончания. Показано, что мощность шума, вносимого в национальных сетях, должна быть ограничена уровнем, возникающим в виртуальных точках коммутации – согласованном интерфейсе между национальной и международными сетями. Уточнено, что для определения значения защищенности от внятного переходного влияния между каналами тональной частоты на ближнем и дальних концах измеряют напряжения сигналов, наведенных в канале, подверженном влиянию, при подаче измерительного сигнала во влияющий канал.

Ключевые слова: затухание, переходное влияние, норма, канал тональной частоты, цифровая система передач.

**FREQUENCY RESPONSE NORMALIZATION OF ATTENUATION AND NOISE POWER
IN ANALOG TERMINALS OF TELECOMMUNICATION NETWORKS**

K.A. Batenkov

Academy of federal guard service of Russian Federation, Oryol

Purpose: The paper summarizes the procedures for calculating and determining the suitability of such parameters of analog terminals of telecommunication networks as the amplitude-frequency response, the average unweighted noise power, the average psophometric noise power, protection from a distinct transient effect between the channels of the tonal frequency at the near (near-end crosstalk ratio) and far (far-end crosstalk ratio) ends.

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 attenuation, or frequency distortion, is usually represented in the form of a logarithmic ratio of the output voltage at the reference frequency (nominally 1.02 kHz) to its value at the required frequency. It is demonstrated that when converting an electrical signal by a handset into acoustic pressure, it is necessary to take into account the peculiarities of human hearing in order to determine the correct magnitude of the signal perceived by the listener. It is clarified that the reasons for the influence of one channel direction on the reverse are the mounting transitions in the equipment, and for single-cable transmission systems, the main cause of such interference is the transient effect at the near end of the cable amplifying sections.

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

Originality/value: It is established that for a simple and composite channel of the tonal frequency, the norms depend on the number of transit channels of the tonal frequency; for channels formed using digital transmission systems, the norms depend on the type of analog or digital termination. It is shown that the noise power introduced in national networks should be limited by the level that occurs at virtual switching points – a consistent interface between national and international networks. It is clarified that in order to determine the value of protection from a distinct transient influence between the channels of the tonal frequency at the near and far ends, the voltages of the signals induced in the affected channel are measured when the measuring signal is applied to the influencing channel.

Key words: attenuation, transient effect, norm, tonal frequency channel, digital transmission system.

**АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ МЕТРИК АЛГОРИТМА ДЕКОДИРОВАНИЯ
ОТ КВАНТОВАНИЯ ВХОДНЫХ ДАННЫХ ТУРБОКОДА**

Д.В. Хитева

ORCID: 0000-0002-4797-4887 e-mail: geheimberater@yandex.ru

А.В. Колобков

ORCID: 0000-0002-6934-8879 e-mail: geheimberater@yandex.ru

АО «НПП «Полет», г. Н. Новгород

В докладе приведены результаты исследования способов квантования входных данных для турбокода $(13,15)_8$ в канале с АБГШ. С точки зрения программной реализации алгоритмы декодирования турбокода зачастую трудно реализуемы из-за вычислительной сложности и переполнений метрик декодера, возникающих при расчетах с плавающей точкой. Поэтому встает вопрос о квантовании входных данных и переходе к расчетам в целых числах. В работе установлены основные этапы данного перехода. Во-первых, необходимо выполнить масштабирование входных данных с использованием дисперсии шума. Это позволит избежать потери информации, когда значения сигнала с шумом, распределенные в пределах от $+1$ до -1 и выраженные в числах с плавающей точкой, будут преобразовываться в целые числа при квантовании. Во-вторых, для значений метрик необходимо установить пределы насыщения $+X$ и $-(X+1)$, связанные с глубиной квантования одного уровня как $\log_2(2X+2) = b$, где b – глубина квантования. Это устранил дальнейшее переполнение значений метрик декодера. В-третьих, значения метрик должны быть нормированы путем вычитания наибольшего значения из остальных значений на каждом шаге декодирования. Это позволит не допустить потери вероятностной информации о метриках в случае, если все значения метрик достигнут предела насыщения.

Ключевые слова: турбокод, квантование, метрика, декодер.

**ANALYSIS OF THE DEPENDENCE OF THE DECODING ALGORITHM METRICS
ON THE QUANTIZATION OF THE TURBO CODE INPUT DATA**

D.V. Khiteva, A.V. Kolobkov

JSC «RPC «Polyot», N. Novgorod

Purpose: The paper investigates the ways of quantization of input data for turbo code in order to determine the most effective way of quantization.

Design / methodology / approach: The paper establishes the main stages of quantization of metrics and the transition to integer calculations during decoding. First, it is necessary to scale the input data, using noise dispersion. This will avoid loss information when the values of the signal with noise, distributed within $+1/-1$ and expressed in floating-point numbers, will be converted to integers during quantization. Secondly, for metric values, it is necessary to set saturation limits $+X$ and $-(X+1)$ related to the quantization depth of one level as $\log_2(2X+2) = b$, where b is the quantization depth. This will eliminate further overflow of decoder metric values. Third, metric values should be normalized by subtracting the largest value from the remaining values at each decoding step. This will prevent the loss of probabilistic information about metrics if all metric values reach the saturation limit.

Findings: The paper defines the main steps that need to be performed so that the quantization of input data does not significantly reduce the noise immunity of the communication system. Scaling the input sequence, normalizing the decoder metrics and determining the saturation limits of the decoder metrics are these steps.

Research limitations/implications: The research was carried out in a communication channel with AWGN, but the results can also be applied in a channel with fading. The article considered the decoding algorithms of MAP, log-MAP and max-log-MAP.

Originality/value: The value of the paper is in addition to working with input data, the paper takes into account the normalization of metrics inside decoding algorithms and the determination of saturation limits, the values of which are related to bit width of the quantization.

Key words: turbo code, quantization, metric, decoder.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ ПРИ СОЗДАНИИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СРЕДСТВ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ

И.В. Скрипник

ORCID: [0000-0002-3668-5406](https://orcid.org/0000-0002-3668-5406) e-mail: skripnikigor83@gmail.com

ООО «Научно-производственное предприятие «ПРИМА»

В структуре процессов приборостроительного предприятия важную роль имеет научно-техническое развитие, обеспечивающее экономический рост, путем совершенствования научной и инновационной деятельности, создания и использования прогрессивных технологий, разработки и производства новой высокотехнологичной продукции.

Проекты научно-технического развития должны выполняться в опережающем порядке на основе результатов стратегического прогнозирования и аналитики. Как правило, такие проекты выполняются на инициативной основе и требуют привлечения соответствующих материальных, финансовых и кадровых ресурсов. В условиях ограниченных ресурсов важную роль приобретает отбор наиболее перспективных проектов, выполняемый на этапе формирования портфеля проектов научно-технического развития. Наряду с традиционными экономическими показателями переход к более зрелым моделям управления портфелями проектов сопровождается анализом соответствия проектов стратегическим целям научно-технического развития предприятия при необходимом анализе проектных рисков.

В докладе представлена человеко-машинная процедура формирования сбалансированного портфеля, обеспечивающего рациональное соотношение между вкладами портфеля в достижение экономических (тактических) показателей и стратегических целей научно-технического развития предприятия в области создания перспективных средств радиосвязи при контролируемом проектном риске и трудоемкости.

Ключевые слова: научно-техническое развитие, стратегические цели, управление портфелем проектов.

PROJECT PORTFOLIO SELECTION TO DEVELOP AN ADVANCED AIRBORNE RADIO COMMUNICATIONS EQUIPMENT

I.V. Skripnik

PRIMA Research & Production Enterprise, LLC

Purpose: To increase the efficiency of scientific and technological development projects aimed at the creation of new technologies and the development of advanced airborne radio communications equipment.

Design / methodology / approach: The project portfolio is selected to achieve balanced levels of economic performance and strategic goals, controlling the project risk and labor intensity.

Findings: A human-machine procedure for balanced scientific and technological development project portfolio selection has been developed.

Research limitations/implications: The project portfolio selection, planning and resource allocation are carried out sequentially.

Originality/value: The project risks are defined on the base of the experience of the completed developments and expert evaluation.

Key words: scientific and technological development, strategic goals, project portfolio management.

**СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И НАТУРНО-МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
ШИРОКОПОЛОСНЫХ СРЕДСТВ РАДИОСВЯЗИ****И.С. Сорокин**ORCID: 0000-0003-1286-8678 e-mail: igor.s.sorokin@gmail.com**И.В. Скрипник**ORCID: 0000-0002-3668-5406 e-mail: skripnikigor83@gmail.com

ООО «Научно-производственное предприятие «ПРИМА»

В докладе приведены основные технические характеристики разработанного программно-аппаратного комплекса (ПАК), предназначенного для проектирования и натурно-модельных испытаний широкополосных радиоэлектронных систем (РЭС), включая передающие и приемные устройства S и C диапазонов. В программной части ПАК реализована совокупность реалистичных авиационных моделей каналов связи, характерных для целевых сценариев применения проектируемых РЭС на летательных аппаратах и высокоскоростных объектах. Реализованные модели авиационных радиоканалов включают случаи полета над равнинной поверхностью, над холмистой поверхностью, над лесной поверхностью, над водной поверхностью, над городской застройкой, над пригородной застройкой с задаваемыми параметрами пространственной ориентации испытываемого оборудования. Аппаратная часть ПАК представляет собой набор цифровых, цифроаналоговых и аналого-цифровых модулей, что позволяет проводить натурно-модельные испытания РЭС и их блоков в реальном времени. Развиваемая технология натурно-модельных испытаний обеспечивает существенное ускорение процесса разработки новых РЭС, способствует повышению качества оборудования за счет выявления ошибок на ранних стадиях проектирования, а также снижению себестоимости продукции.

Ключевые слова: широкополосные системы связи, средства радиосвязи, модели канала радиосвязи, натурно-модельные испытания.

**HARDWARE-IN-THE-LOOP (HIL) SIMULATION SYSTEM FOR DESIGN AND MOCK-UP
TESTS OF THE BROADBAND RADIO COMMUNICATIONS EQUIPMENT****I.S. Sorokin, I.V. Skripnik**

PRIMA Research & Production Enterprise, LLC

Purpose: Acceleration of the new radio electronic system development process and increasing the equipment quality by detecting the errors at the early stages of the designing.

Design / methodology / approach: Hardware-in-the-loop (HIL) simulation system software provides the multitude of the realistic mock-ups of the airborne radio communications channels, relevant for goal scenarios for operation of the broadband radio electronic systems under development on the subsonic and supersonic aircraft. The hardware of the hardware-in-the-loop (HIL) simulation system is the set of the digital, digital-analog and analog-digital modules, which allow performing the radio electronic systems and their component units testing in real time.

Findings: The method under development allows performing the radio electronic system mock-up tests, detecting errors at the early stages of the design.

Research limitations/implications: On the base of the theoretical research and analysis of the experimental data the C-band radio channels mock-ups were implemented in the hardware-in-the-loop (HIL) simulation system to allow performing tests of the transmitting and receiving S and C-band devices.

Originality/value: The developed hardware-in-the-loop (HIL) simulation system is applied for design of the airborne broadband radio communications equipment, reducing the cost of the equipment production.

Keywords: Broadband communications systems, radio communications equipment, radio communications channel models, mock-up tests.

АНАЛИЗ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНКИ ДКМВ РАДИОКАНАЛА ДЛЯ СИГНАЛОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ МОДЕМОВ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ

А.А. Ямпольский

ORCID: 0000-0003-0821-9528 e-mail:yamp-anton@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе представлен алгоритм первичной оценки импульсной характеристики рабочего канала, а также методы коррекции текущих оценок канала, применяемы в процессе приема сигнала. Первичная оценка формируется по результатам работы детектора известной обучающей последовательности, формируемой в начале передаваемого сообщения. Рассмотренные в статье методы доопределения и коррекции полученной характеристики канала включают в себя как обработку дополнительных известных обучающих последовательностей, входящих в состав сигнально-кодую конструкцию рассматриваемых сигналов, так и обработку принимаемой информационной части сообщения. Проведен анализ точности определения оценок канала на основе усредненной ошибки между полученными оценками и формируемой характеристикой модели ВЧ канала связи. На основе проведенного анализа сделаны выводы о влиянии рассмотренных алгоритмов и методов слежения на качестве приема и сделана оценка выигрыша помехоустойчивости для рассматриваемых сигнально-кодовых конструкций.

Ключевые слова: авиационная радиосвязь, КВ канал, оценка канала связи, импульсная характеристика канала.

ANALYSIS OF THE ACCURACY OF THE EVALUATION HF RADIO CHANNEL FOR THE SERIAL MODEMS SIGNALS IN AVIATION RADIO COMMUNICATION

A.A. Yampolsky

NizhnyNovgorodstateuniversityn.a. R.E. Alekseev

Purpose: The author provides an algorithm of the primary evaluation pulse characteristics of the HF radio channel, as well as methods for correcting channel estimates used in the avionic receivers.

Design / methodology / approach: The paper describes methodsof forming of the primary evaluation witch based on the performance by modified detector known training sequence. This training is presents at the beginning of the transmitted message. The considered methodsof the correction of impulse response channel included processing samples of training sequences and processing the received information part of the message.

Findings: The paper finds out optimal combination of the parameters learning rate and stability signal detector and equalizer. It also makes conclusions about advantages and disadvantages of implementation detectors and tuning methods based on the chosen quality metrics.

Research limitations/implications: The research results were used to generate algorithms used in the technical solutions of the PRIMA-KV radio station.

Originality/value: The proposed approaches can be used in new HF band radio stations. To date, such algorithms are in demand in adaptive communication systems. Today the methods of adjusting estimates of channel characteristics are poorly appliedin HF receivers.

Key words: aviation radio communication, HF channel, estimation of the HF channel, impulse response of the channel.

**К ВОПРОСУ УЧЕТА ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ И ВРЕМЕННЫХ
ФЛУКТУАЦИЙ УРОВНЯ СИГНАЛА ПРИ ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ПОДВИЖНОЙ
НАЗЕМНОЙ РАДИОСВЯЗИ**

Ю.М. Туляков

ORCID: 0000-0003-0689-0078 e-mail: yu.m.tulyakov@rambler.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Волго-Вятский филиал Московского технического университета связи и информатики

Цель работы: За счет существующей и дополнительно исследованной взаимосвязи пространственных и временных флукуаций уровневой микроструктуры радиосигналов (со сложным многолучевым распространением) упростить и конкретизировать методику оценки надежности подвижной наземной связи.

Методология: Путем сопоставления пространственных и временных флукуаций уровней радиосигналов со сложным многолучевым распространением, характерных для участков, соответствующих уровневой микроструктуры, и определения стационарности этих флукуаций и возможности их оценки только по пространству (без учета временных флукуаций).

Результаты: Полученные обоснования оценки флукуаций радиосигналов позволили их применить для упрощения и конкретизации методики определения надежности подвижной наземной радиосвязи.

Последствия исследования: Конкретизирована и упрощена методика оценки надежности подвижной наземной радиосвязи.

Ценность решения: За счет ограниченного (пространственного) подхода к оценке флукуаций уровня сигналов упрощена и конкретизирована методика определения надежности подвижной наземной связи.

Ключевые слова: флукуации, уровневая микроструктура, радиосигналы, надежность связи.

**ON THE QUESTION OF ACCOUNTING FOR THE RELATIONSHIP OF SPATIAL AND
TIME FLUCTUATIONS OF THE SIGNAL LEVEL WHEN ASSESSING THE RELIABILITY
OF MOBILE TERRESTRIAL RADIO COMMUNICATION**

Yu.M. Tulyakov

Nizhny Novgorod state technical university. R.E. Alekseev. Nizhny Novgorod
Volga-Vyatka branch of moscow technical university of communications and informatics

The purpose of the work: Due to the existing and additionally studied relationship of spatial and temporal fluctuations of the level microstructure of radio signals (with complex multipath propagation), simplify and specify the methodology for assessing the reliability of mobile terrestrial communications.

Methodology: By comparing the spatial and temporal fluctuations in the levels of radio signals with complex multipath propagation, characteristic of areas corresponding to the level.

Results: The justifications obtained for assessing the fluctuations of radio signals made it possible to apply them to simplify and specify the methodology for determining the reliability of mobile terrestrial radio communications.

Consequences of the study: The methodology for assessing the reliability of mobile terrestrial radio communications has been specified and simplified.

Value of the solution: Due to the limited (spatial) approach to assessing signal level fluctuations, the methodology for determining the reliability of mobile terrestrial communications has been simplified and specified.

Key words: fluctuations, level microstructure, radio signals, communication reliability.

ОТЫСКАНИЕ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФИЛЬТРА БАТТЕРВОРТА

В.И. Есипенко

ORCID: 0000-0001-6715-1186, e-mail: esipenko@nntu.ru

В.В. Богомоллова

ORCID: 0000-0003-1902-4718, e-mail: pnxwns@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е.Алексеева

С помощью импульсной характеристики фильтров можно определить множество параметров систем, поэтому необходимо оценивать эффективность импульсной характеристики фильтров Баттерворта и Чебышева, а знание эффективной длительности импульсной характеристики необходимо для дискретизации импульсной характеристики и применения разработанного метода прямого статистического анализа этих фильтров.

В данном докладе получены выражения для передаточных характеристик фильтров нижних частот 1-3 порядков. С помощью применения обратного преобразования Лапласа к передаточным характеристикам, получены выражения для импульсных характеристик фильтров нижних частот 1-3 порядков. Построены графики и проведена дискретизация сигнала.

Ключевые слова: фильтр нижних частот Баттерворта, импульсная характеристика, передаточная характеристика, преобразование Лапласа, формула Эйлера, эффективная длительность импульсных характеристик.

FINDING THE IMPULSE RESPONSE OF THE BUTTERWORTH FILTER

V.I. Esipenko, V.V. Bogomolova

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

With the help of the impulse response of filters, many system parameters can be determined, therefore, it is necessary to evaluate the efficiency of the impulse response of the Butterworth and Chebyshev filters, and knowledge of the effective duration of the pulse characteristic is necessary for the sampling of the pulse characteristic and the application of the developed method of direct statistical analysis of these filters.

In this paper, expressions are obtained for the transfer characteristics of low-pass filters of 1-3 orders. By applying the inverse Laplace transform to the transfer characteristics, expressions for the pulse characteristics of low-pass filters of 1-3 orders are obtained. Graphs are plotted and signal sampling is carried out.

Keywords: Butterworth low-pass filter, pulse characteristic, transfer characteristic, Laplace transform, Euler formula, effective duration of pulse characteristics.

**РАСШИРЕНИЕ КЛАССА ЛИНЕЙНЫХ РЕЗОНАНСНЫХ СИСТЕМ ПРИ
АППРОКСИМАЦИЯ СВОБОДНОГО ПРОЦЕССА ОРТОГОНАЛЬНЫМИ
ПОЛИНОМАМИ**

С.С.Зельманов

ORCID: 0000-0002-6634-942X e-mail: zelmanss@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Цель работы: Она состоит в доказательстве возможности расширения класса резонансных линейных систем за счет систем, корни характеристических уравнения которых являются отрицательными действительными числами.

Методология: С использованием выражение свободного процесса резонансной линейной динамической системы решается задача аппроксимации этого свободного процесса резонансной системы в ортогональном базисе с использованием процедуры Грама-Шмидта.

Результаты: Полученное выражение определяет структуру резонансной системы с экспоненциальными собственными процессами. Это отличает их от систем с гармоническими собственными процессами. Эти системы используют только один накопитель энергии.

Последствия исследования: При анализе линейных систем второго порядка исключат аperiodические и критические решения, поскольку все эти решения будут колебательными разной интенсивности.

Ценность решения: Наличие экстремума в спектре подтверждает резонансный характер процесса в системе, корни характеристического уравнения которой являются отрицательными действительными числами, а некомплексно-сопряженными. Это и означает расширение класса резонансных систем.

Ключевые слова: ортогонализация, процедура Грама-Шмидта, отрицательные корни,

**EXPANSION OF THE CLASS OF LINE RESONANCE SYSTEMS AT
APPROXIMATION OF A FREE PROCESS BY ORTHOGONAL POLYNOMS**

S.S. Zelmanov

Nizhny Novgorod state technical university. R.E. Alekseev

Purpose: It consists in proving the possibility of extending the class of resonant linear systems by adding to this class systems, whose characteristic equation roots are negative real numbers.

Methodology: Using the free process expression of a resonant linear dynamical system, the problem of approximating this free process of a resonant system in an orthogonal basis is solved using the Gram-Schmidt procedure.

Results: The resulting expression determines the structure of a resonant system with exponential eigenprocesses. But a harmonic free and weakly expressed process. This distinguishes them from traditional systems with harmonic eigenprocesses. Structurally, such systems are implemented using only one energy storage device.

Consequences of the study: In the analysis of linear systems of the second order, aperiodic and critical solutions will be excluded, since all these solutions will be oscillatory different intensity.

Value of the solution: The presence of an extremum in the spectrum confirms the resonant nature of the process in the system, the roots of the characteristic equation of which are negative real numbers, in contrast to the traditional system, which has complex conjugate roots. This means an extension of the class of resonant systems.

Keywords: orthogonalization, Gram-Schmidt procedure, negative roots.

УДК 621.391

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ ФОРМЫ ВОЛНЫ ДЛЯ МОБИЛЬНОЙ ВИДЕО СЕТИ

Т.И. Горячева,

ORCID:0000-0003-4668-4156, e-mail: gor43210@yandex.ru

Я.С. Некрасов

ORCID: 0000-0003-0625-4717, e-mail: Nekrasov.yaroslav23@gmail.com

С.А. Заглумонин

ORCID: 0000-0002-5934-3134, e-mail: zaglumonin99@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Доклад посвящен разработке адаптивной формы волны в виде сочетания протокола множественного доступа к каналу и структуры сигнала. Она приспособляется к текущему состоянию сетевого сценария (количеству узлов сети) и к модели трафика (объёму пакета, количеству передач пакетов в секунду в одном потоке, количеству потоков от каждого узла). При изменениях сетевого сценария и/или модели трафика синтезируется новая форма волны, т.е. сначала вычисляется оптимальный протокол доступа к каналу по критерию минимума времени задержки передачи пакета, джиттера. Затем для выбранного протокола доступа синтезируется оптимальная структура OFDM мультиплекса, которая позволяет передать пакет в одном временном слоте, используя оптимальный вид модуляции M-QAM и кодирования поднесущих OFDM с учётом энергетики канала. Исследована и выбрана структура OFDM сигнала, оптимальная по критерию минимума требуемой полосы. Предложены алгоритмы расчёта адаптивных форм волны для создания баз знаний (таблиц политик), встраиваемых в мобильные узлы для ускорения выбора адаптивной формы волны по команде, содержащей номера сетевого сценария, модели трафика и момент времени перехода на новую форму. Для каждой выбранной формы волны вычисляется требуемая полоса сигнала и остаток общей полосы для гибкого использования других виртуальных сетей. Алгоритмы синтеза форм волны могут эффективно применяться в мобильных наземных и летающих видео сетях гражданского и военного назначений, реализующих менеджмент на базе политик (PBNM).

Ключевые слова: Адаптивная форма волны для видеосети, структура OFDM сигнала, менеджмент сетями на базе политик.

DEVELOPMENT OF ADAPTIVE WAVEFORM FOR MOBILE VIDEO NETWORK

T.I. Goryacheva, Ya.S. Nekrasov, S.A. Zaglumonin

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

Purpose: The report is devoted to the development of an adaptive waveform, which is a combination of a multiple channel access protocol and a signal structure. It adapts to the current state of the network scenario and to the traffic model.

Design/methodology/approach: When the network scenario and/or traffic model changes, a new waveform is synthesized, i.e. first, the optimal channel access protocol is calculated according to the criterion of minimum packet transmission delay time, jitter. Then, for the selected access protocol, the optimal structure of the OFDM multiplex is synthesized, which allows the packet to be transmitted in one time slot using the optimal type of M-QAM modulation and OFDM subcarrier coding, taking into account the channel energy.

Conclusions: Algorithms for calculating adaptive waveforms are proposed that can be used to create knowledge bases (policy tables) embedded in mobile nodes to speed up the selection of an adaptive waveform by a command from the manager, which should contain the network scenario number, traffic model number and the time of transition to new waveform.

Consequences of research/limitations: For each selected waveform, the required signal bandwidth is calculated, as well as the remainder of the total bandwidth, which can be used flexibly for other virtual networks.

Originality/value: Waveform synthesis algorithms can be effectively applied to civil and military mobile terrestrial and airborne video networks implementing policy-based network management. **Keywords:** Adaptive waveform for video network, OFDM signal structure, policy-based network management (PBNM).

**КОРРЕКЦИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧЕГО
ИНСТРУМЕНТА СТАНКА С ЧПУ С УЧЕТОМ
НЕРОВНОСТЕЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**

Н.А. Метельков

ORCID: 0000-0003-2189-0340 e-mail: met-nikita@mail.ru

Р.Р. Мещеров

ORCID: 0000-0002-6364-0481 e-mail: ravil.mesherov@gmail.com

А.П. Зайцев

ORCID: 0000-0003-1920-6255 e-mail: cool.sasha1997@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 предложен алгоритм коррекции траектории движения рабочего инструмента станка с ЧПУ, представленной в виде G-Code, с учетом неровностей рабочей поверхности. Рабочая поверхность представлена в виде произвольного набора точек плоскости, каждой из которой соответствует её измеренное отклонение от идеального нуля. По контрольным точкам производится построение NURBS-поверхности с помощью OpenGL, усредненная нормаль которой используется для поворота всего чертежа целиком, затем отдельные команды перемещения разбиваются на множество команд, с целью их подгонки под форму поверхности. Целью работы является оптимизация скорости производственного цикла станка с ЧПУ путем ликвидации необходимости вручную исправлять недочеты рабочей поверхности либо подгонять под них чертежи.

Ключевые слова: станок, ЧПУ, G-Code, NURBS, OpenGL.

**CORRECTION OF CNC MACHINE WORKING TOOLTRAJECTORY
WITH CONSIDERINGIRREGULARITIES
OF THE WORKING SURFACE**

N.A. Metelkov, R.R. Meshеров, A.P. Zaycev, N.E. Posobilov

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

Purpose: The author provides an algorithm of CNC machine tool trajectory correction to use in pair with existing CNC control system.

Design / methodology / approach: The paper describes several algorithms, including creating a NURBS surface given the manually measured control points, evaluating surface Z coordinate in any X, Y coordinate, calculating average normal vector, subdividing a single G-Code command into multiple short ones transformed according to underlying surface shape.

Findings: The paper finds out that using correction algorithms decreases CNC machine working cycle time, material consumption and increases precision.

Research limitations/implications: Research is limited to gantry type CNC machines used for 3D printing.

Originality/value: The proposed algorithm can be integrated into any existing CNC control system, allowing small and medium sized enterprises, which workflow consists primarily of operating CNC machines, to upgrade their systems with minimal cost. At the moment of publication there is no open source solutions to the described problem on the local IT market.

Key words: machine, CNC, G-Code, NURBS, OpenGL.

Е.В. Сидорова

ORCID: 0000-0002-6828-1625 e-mail: sidorova-elena@yandex.ru

К.А. Шишкина

ORCID: 0000-0002-2165-2193 e-mail: shiskinaksyusha03@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева

Стремительное развитие в современном обществе информационных технологий послужило толчком к формированию электронных архивов документов в организациях, накопивших к настоящему моменту большое количество электронных документов. В работе проведен сравнительный анализ основных алгоритмов информационного поиска с целью выбора эффективного алгоритма для поиска текстовых документов в электронном архиве документов организации. Проведенный анализ включал ряд экспериментов, которые проводились с помощью программного продукта OpenServer на языке программирования PHP. Эксперименты основаны на сравнении методов поиска по отдельным критериям эффективности. Сравнение проводилось для алгоритмов двух групп методик: поиск в массиве данных и поиск подстроки в строке. Для проведения анализа были выбраны линейный, индексно-последовательный, бинарный и алгоритм поиска по дереву «Фибоначчи» из первой группы методов и алгоритм прямого поиска, алгоритм Рабина-Карпа, алгоритм Кнута-Морриса-Пратта и алгоритм Бойера-Мура из второй группы методов. В качестве критериев сравнения алгоритмов выбраны: релевантность, полнота и точность, уровень поискового шума, сложность и скорость алгоритмов. Полученные результаты проведенных экспериментов представлены в обобщенной таблице и визуализированы с помощью гистограмм Excel.

Ключевые слова: информационный поиск, критерии оценки эффективности методов информационного поиска, поиск в массиве записей, поиск подстроки в строке.

ANALYSIS OF METHODS OF INFORMATION SEARCH FOR TAGS IN DOCUMENTS

E.V. Sidorova, K.A. Shishkina

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

Purpose: The goal of this article is to perform the comparative analysis of the main algorithms of the information search in order to choose the most effective algorithm for a search of text documents in a digital archive of the documents of the organization.

Design/methodology/approach: The conducted analysis includes a set of the experiments, which were performed using a program product OpenServer written with PHP program language. The experiments were based on comparison of the search methods divided by the efficiency criterion. The comparisons were conducted for two groups of the algorithms: a search in a data array and a search of the substring in a text string. The following algorithms were analyzed: a linear, an indexed sequential access method, binary, and a Fibonacci tree search as the first group and a direct search, the Rabin-Carp's algorithm, the Knuth-Morris-Pratt's algorithm, and Boyer-Moore's search algorithm as the second group. The next criteria were used for the comparison of the algorithms: a relevance, completeness and preciseness, a level of the search noise, and complexity and a speed.

Findings: The conducted analysis has showed that the Boyer-Moore's search algorithm exceeds other search methods in the relevance and the speed of the search.

Research limitations/implications: The Boyer-Moore's search algorithm will be used for a search of the documents in the digital archive of the target organization.

Originality/value: This research allows us to formulate a method of formatting the digital archive, which has been initially optimized for a search of the documents using the Boyer-Moore's algorithm, that in its turn leads to a decrease of the complexity and a level of the search noise and an increase of the speed and relevance of the search of the document in the archive.

Keywords: information search, effectiveness criteria of the search methods, search in a data array, search in a record array, search of a substring in the string.

ПРОЦЕДУРЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПАКЕТА ЗАДАНИЙ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ КОМАНДАХ, ОСНОВАННЫЕ НА УПРАВЛЕНИИ ПО КОМПЕТЕНЦИЯМ

Д.В. Баранов

ORCID: 0000-0002-5902-6008 e-mail: smart.village.14@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе предложен алгоритм принятия решений, основанный на обработке матриц компетенций, позволяющий использовать и сравнивать качество выполнения работ, а также сами компетенции, которые могут изменяться в течение времени. Исследование выполнено на тестовых выборках, сформированных при выполнении небольших проектов. Разработан алгоритм принятия решений при распределении пакета заданий. Проведено сопоставление предложенного подхода с существующими алгоритмами.

Ключевые слова: распределенные команды оценка компетенций, системы поддержки принятия решений, тестирование сотрудников.

DECISION SUPPORT PROCEDURES FOR THE IMPLEMENTATION OF A PACKAGE OF TASKS IN DISTRIBUTED TEAMS ON THE BASIS OF COMPETENCE MANAGEMENT

D.V. Baranov

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

Purpose: The author proposes an algorithm for making a decision on the distribution of a package of tasks under conditions of uncertainty, based on a combination of algorithms for processing competency matrices and probabilistic IRT models.

Design / methodology / approach: Is developed 3 steps of algorithm:

1) The Rasch model with several employee competencies and job descriptions corresponding to the required (to complete the task) competencies in virtual organisations.

2) Machine learning stage (model settings).

On the basis of the accumulated sample (characteristics of the task, the result of the implementation), the parameters of the model are evaluated - the competencies of the employee.

3) Application.

For a new task given by its characteristics, the probabilities of successful completion of the task by individual workers are found.

These probabilities are then used to solve the assignment problem.

Findings: The paper finds out optimal recruitment algorithm based on classical binary procedures for working with competency matrices, based on the probabilistic models.

В статье найден оптимальный алгоритм подбора персонала на основе классических бинарных процедур работы с матрицами компетенций, оснащенных нечеткими вероятностными моделями.

Research limitations/implications: Research is limited to projects with a small number of performers. Nevertheless, the results obtained can be used in the future in project management systems.

Originality/value: The value of the entire article is original algorithm that allows distribute tasks under conditions of uncertainty.

Key words: distributed teams, competency assessment, decision support systems, employment testing.

**УСТРАНЕНИЕ ИНВЕРСИИ В LDPC-КОДАХ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ
СИСТЕМ СВЯЗИ**

А.П. Зайцев

ORCID: 0000-0003-1920-6255 e-mail: cool.sasha1997@yandex.ru

А.В. Семашко

ORCID: 0000-0003-4687-9666 e-mail: semashko52@yandex.ru, semashko@nntu.ru.

Н.А. Метельков

ORCID: 0000-0003-2189-0340 e-mail: met-nikita@mail.ru

Р.Р. Мещеров

ORCID: 0000-0002-6364-0481 e-mail: ravil.mesherov@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе предложен метод двоичного помехоустойчивого кодирования с возможностью обнаружения инверсии всех символов в кодовом блоке. Путем имитационного моделирования проведено исследование кодов на базе циклических, позволяющих кроме одиночных ошибок обнаруживать и исправлять инверсию кодового блока. Исследовались коды с малой плотностью проверок на чётность (LDPC-коды) в программной среде Matlab. Целью работы является модификация блока проверки инверсии для работы с LDPC-кодами.

Ключевые слова: моделирование, циклические коды, помехоустойчивое кодирование, системы связи, система управления, инверсия кодового блока, LDPC-коды.

**ELIMINATION OF INVERSION IN LDPC-CODES
TO INCREASE THE NOISE IMMUNITY
OF COMMUNICATION SYSTEMS**

A.P. Zaycev, A. V. Semashko, N.A. Metelkov, R.R. Meshеров
Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The author proposes a method of binary noise-resistant coding with the ability to detect the inversion of all characters in the code block.

Design / methodology / approach: The paper describes a method with an inversion check block, its modification for working with codes with a low density of parity checks (LDPC codes), the principle and device of operation.

Findings: The paper shows that using the method with the inversion check block allows you to find and correct the inversion of the code block, while maintaining the possibility of detecting single errors.

Research limitations/implications: The research is limited to linear codes.

Originality/value: The proposed algorithm can be integrated into any existing communication system using LDPC codes, allowing to increase noise immunity. At the time of publication, there are no solutions to the described problem in the local IT market.

Key words: modeling, cyclic codes, noise-resistant coding, communication systems, control system, code block inversion, LDPC codes.

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

А.В. Семашко

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

Е.А. Камышан

ORCID: 0000-0002-6914-3769 e-mail: elizabeth.kamyshan@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева

В докладе рассматривается подход к описанию, выбору и принятию решений для подбора наиболее релевантных вариантов одежды и их комбинаций. Исследование предлагаемых в статье решений состоит вразрабатываемых процедурах формирования образов на основе нечеткой логики и принятия стилистических решений, а также в проектируемой базе знаний информационно-советующей системы поддержки стилистических решений. Описанный подход позволяет формировать требования с применением аппарата нечеткой логики и формулировать частные целевые функции для поддержки принятия решений.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, информационная система, целевые функции, стилистические решения, нечеткая логика.

AN APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM USING FUZZY LOGIC

A.V. Semashko, E.A. Kamyshan

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

Purpose: This article considers an approach to the description, selection and decision-making for the selection of the most relevant clothing options and their combinations.

Design/methodology/approach: The study of the solutions proposed in the article consists in the developed procedures for forming images based on fuzzy logic and making stylistic decisions, as well as in the designed knowledge base of the information-advising system for supporting stylistic decisions. The described approach makes it possible to formulate requirements using the apparatus of fuzzy logic and to formulate particular objective functions for decision support.

Findings: The proposed method for analyzing stylistic decisions based on fuzzy requirements modeling can form the basis for an advising system for supporting stylistic decisions. Formalization of requirements using the apparatus of fuzzy logic makes it possible to compare the value of alternative options and to select an option that is relevant to the user's goals.

Research limitations/implications: The present article provides a starting-point for further research in the DSS system developing.

Originality/value: The scope of the developed system is active users (men and women) of social networks and consumers of fashion and entertainment products in the e-commerce market. Therefore system is really marketable product today.

Keywords: decision support system, information system, objective functions, stylistic decisions, fuzzy logic.

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ МОБИЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ СВЯЗИ В НЕНАДЕЖНЫХ КАНАЛАХ

А.Д. Абакшин

ORCID: 0000-0002-0251-975X e-mail: abakshin.t@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Обеспечение безопасности передачи данных одна из важнейших задач современного общества. Это связано с интенсивностью развития различных систем цифровой связи, таких как, спутниковая, мобильная, космическая и др. Каждая из перечисленных систем использует для передачи беспроводные каналы, в которых на передаваемый сигнал действуют помехи различной физической природы. Одним из главных методов повышения надежности и эффективности обмена информации по каналам цифровой и спутниковой связи является помехоустойчивое кодирование. Особый интерес представляют корректирующие коды, ставшие доступными в следствии повышения вычислительных возможностей ЭВМ, в частности LDPC и полярные коды.

Ключевые слова: кодирование, полярные коды, LDPC, линейный код.

INCREASING RELIABILITY OF MOBILE DIGITAL COMMUNICATION IN UNRELIABLE CHANNELS

A.D. Abakshin

ORCID: 0000-0002-0251-975X e-mail: abakshin.t@mail.ru

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

Purpose: The purpose of this article is to improve the reliability of digital mobile communication due to the correction codes made available as a result of the increase in the power of electronic computers, that is, LDPC and polar codes.

Design/methodology/approach: The article discusses methods for protecting information from interference. Algorithms for encoding and decoding for polar codes and codes with a low density of parity checks are given. The experiments were based on a comparison of error-correcting coding methods according to the efficiency criterion. The comparison was made between LDPC code algorithms and between polar code algorithms. A comparison of the coding methods themselves was also carried out. The following coding algorithms have been described: construction of polar codes with the Arkan kernel, systematic coding for polar codes, LDPC code. The following decoding algorithms were analyzed: sequential elimination, list sequential elimination, stack sequential elimination, directed search, Sum-Product, min-sum, min-sum normalized. To compare the algorithms, we used the criterion of relativity of the level of bit errors relative to the noisiness of the communication channel.

Findings: Проведенный анализ показал текущую эффективность полярных и LDPC кодов. В ходе сравнения помехоустойчивых кодов установлено, что ни одного из приведённых в работе методов декодирования информации не позволяет полярным кодам превзойти LDPC в корректирующей способности при работе с большими блоками данных.

Research limitations/implications: the analysis will be carried out only on error-correcting codes used in digital mobile communications.

Originality/value: This study allows us to formulate a method for decoding data using polar or LDPC codes, which in turn will allow achieving high noise immunity of information if there is sufficient computing power to apply corrective algorithms.

Keywords: coding, polar codes, LDPC, line code.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ СГЕНЕРИРОВАННЫХ
НЕЙРОСЕТЬЮ ДЛЯ РАЗЛИЧЕНИЯ СИГНАЛОВ**

Р.Р. Мещеров

ORCID: 0000-0002-6364-0481 e-mail: rasil.mesherov@gmail.com

А.В. Семашко

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

Н.А. Метельков

ORCID: 0000-0003-2189-0340 e-mail: met-nikita@mail.ru

А.П. Зайцев

ORCID: 0000-0003-1920-6255 e-mail: cool.sasha1997@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе предлагается способ генерации псевдослучайной последовательности на основе результата работы нейронной сети. Создание последовательностей предполагает учет сигналов фазо-манипулируемых в окружающей среде и подстройкой наиболее эффективных последовательностей в отношении распознавания на фоне шумов и различных сигналов фазо-манипулируемых другими последовательностями. При помощи библиотек Tensorflow и Keras создается нейросеть с обратным распространением ошибки, для тренировки используются уже существующие псевдослучайные последовательности такие как М-последовательности коды Голда и Касами. Целью работы является создание уникальных последовательностей для улучшения различения сигналов при приеме.

Ключевые слова: псевдослучайные последовательности, нейросети, Tensorflow, Keras, различение сигналов.

**MODELING OF CORRELATION CHARACTERISTICS OF PSEUDORANDOM
SEQUENCES GENERATED BY A NEURAL NETWORK FOR DIFFERENTIATION OF
SIGNALS**

R.R. Mesherov A.V. Semashko N.A. Metelkov, A.P. Zaytsev

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

Purpose: The author provides a method for generating pseudo-random sequences for distinguishing signals using neural networks.

Design / methodology / approach: The neural network is trained on a dataset that includes generated M-sequences, Gold and Kassami codes using the backpropagation method using the Tensorflow and Keras machine learning libraries.

Findings: The neural network generates a pseudo-random sequence that has a narrow autocorrelation function and a large ratio of the main lobe to the side lobe and a small cross-correlation function with extraneous noise and signals

Research limitations/implications: The research is limited to a data set on which the model must be trained to create pseudo-random sequences with a small cross-relationship function.

Originality/value: The results can be used to further improve the signal discrimination performance.

Key words: pseudo-random sequences, neural networks, Tensorflow, Keras, signal discrimination.

КОНЦЕПЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КАРТ МЕСТНОСТИ, НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ

К.О. Староверова

ORCID:0000-0001-6463-676X e-mail: kristi-star-18@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Цель доклада заключается в рассмотрении особенностей разработки информационной системы построения цифровых карт местности, используемых при работе радиолокационной станции. Значительное внимание уделяется детальному анализу и синтезу методики выбора оптимальной по заданным критериям картографической проекции. На базис синтезированной методики, представлены этапы реализации экспертной системы, включая выбор средств её разработки и составления базы знаний на основе научно установленных фактов и информации. Разработанная экспертная система позволяет значительно ускорить процесс выбора той картографической проекции, которая по всем параметрам наиболее точно удовлетворяет условиям функционирования радиолокационной станции и обеспечивает минимальные неточности. В разработанную систему построения цифровых карт заложен математический аппарат картографических проекций, а также механизм представления текстовой информации о карте в виде изображения. В статье представлены результаты проверки корректности взаимодействия экспертной системы (ЭС) и системы построения цифровых карт местности (ЦКМ), а также правильности представления карты путём сравнения с её изображением в существующих геоинформационных системах. Совместная работа ЭС и системы построения ЦКМ позволяет наиболее грамотно и оперативно проектировать карты для отображения на них радиолокационной информации.

Ключевые слова: картографическая проекция, цифровая карта местности, экспертная система, радиолокационная станция.

THE CONCEPT OF IMPLEMENTING A SYSTEM FOR CONSTRUCTING DIGITAL MAPS OF THE AREA, BASED ON THE EXPERT SYSTEM FOR CHOOSING THE OPTIMAL CARTOGRAPHIC PROJECTION

K.O. Staroverova

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

Purpose: The purpose of the scientific article is to consider the features of the development of an information system for constructing digital terrain maps used in the operation of a radar station.

Design/methodology/approach: The article examines the methodology for determining the optimal cartographic projection. Based on the analyzed methodology, the stages of developing an expert system for choosing the optimal cartographic projection are determined, which include the choice of development tools and the creation of a knowledge base and rules. Much attention is paid to the study of the operation of the digital terrain mapping system and its interaction with the expert system.

Conclusions: The expert system allows you to speed up the process of choosing a cartographic projection and determines the one that most accurately satisfies the conditions of the radar station in all parameters. The system of building digital terrain maps together with the expert system allows you to design maps most competently and quickly to display radar information on them.

Consequences of research/limitations: In the future, the study can be supplemented by adding new cartographic projections, expanding the knowledge base, using a new information display mechanism.

Originality/value: The system can be applied at enterprises of the military-industrial complex. It has been studied that there are few developments of a similar nature in the digital market and they are inaccessible.

Keywords: cartographic projection, digital terrain map, expert system, radar station.

**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ СПЕЦИФИКАЦИИ И
УПРАВЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЯМИ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

А.А.Градиленко

ORCID: 0000-0003-2410-9900 e-mail: artem.gradilenko@gmail.com

Ю.С. Егоров

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

Т.И. Горячева,

ORCID: 0000-0003-4668-4156 e-mail: gor43210@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Доклад посвящен разработке веб-сервиса для автоматизации спецификации менеджмента требований к программному обеспечению (SMSR) информационных систем (ИС).

В статье рассматриваются процессные подходы к проектированию и внедрению информационных систем, также методы поддержки принятия решений для спецификации менеджмента требований к ПО (SMSR).

Разработаны требования к инструменту SMSR, варианты использования, архитектура и база данных веб-сервиса. Предложен подход к созданию инструмента автоматизации SMSR. Разработан оригинальный алгоритм поддержки принятия решений. Программное обеспечение протестировано и отлажено. Выбраны направления для будущих приложений.

Настоящая статья является отправной точкой для дальнейших исследований по созданию системы поддержки принятия решений для спецификации менеджмента требованиями к ПО на протяжении всего жизненного цикла ИТ-системы.

Веб-сервис содержит оригинальный алгоритм поддержки принятия решений, который позволяет пользователю создавать SMSR анализом знаний других разработчиков. Содержимое разделов SRSR автоматически выбирается из базы данных похожих проектов и анализируется.

Ключевые слова: веб-сервис, спецификация менеджмента требованиями к ПО (SMSR), информационная система (ИС), поддержка принятия решений, жизненный цикл ПО.

**DEVELOPMENT OF AUTOMATION TOOLS FOR SPECIFICATION AND
MANAGEMENT OF SOFTWARE REQUIREMENTS FOR INFORMATION SYSTEMS**

A.A.Gradilenko, Y.S.Yegorov, T.I. Goruasheva

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

Purpose: The article is devoted to the development of a web service for automating the of information systems (IS).

Design/methodology/approach: The article discusses process approaches to the design and implementation of information systems, as well as decision support methods for the specification and management of software requirements (SMSR).

Findings: Requirements for the SMSR tool, use cases, architecture and database of the web service have been developed. An approach to creating an SMSR automation tool is proposed. An original decision support algorithm has been developed. The software has been tested and debugged. Directions for future applications are chosen.

Research limitations/implications: This article is a starting point for further research on the creation of a decision support system for specification and management of software requirements (SMSR) throughout the life cycle of an IT system.

Originality/value: The web service contains an original decision support algorithm that allows the user to create SMSR with analyzing of the knowledge of other developers. The content of SMSR sections is automatically selected from a database of similar projects and analyzing.

Key words: web service, specification and management of software requirements (SMSR), information system (IS), decision support, software life cycle.

**ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ
ПЕРЕДАЧИ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНЫХ СООБЩЕНИЙ В СЕТЯХ СОТОВОЙ СВЯЗИ 2G-
4G ПОКОЛЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ-ПРОТОТИПА**

М.В. Ерютов

ORCID: 0000-0002-8673-9601 e-mail: m.v.erytow@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

В докладе производится анализ прототипа сети GSM при передаче широковещательных сообщений. Анализ производится с помощью проекта OSMOCOM, имплементирующего стек протоколов GSM. Прототип сети построен с помощью данного программного обеспечения на персональном компьютере и мобильного устройства, выступающего в качестве базовой станции. С помощью прототипа организована сеть сотовой связи стандарта 2G. Предложен вариант использования каналов CellBroadcastChannel (CBCH) для передачи широковещательных сообщений в 26 каналах трафика. Последний кадр из мультикадров каналов трафика может быть настроен на основную частоту базовой станции, нулевой временной интервал. Такая настройка может привести к тому, что положение последнего кадра мультикадра TCH смещается относительно мультикадра управления BCCH ровно на один кадр каждые 240 мс (что равно двум TDMA кадрам трафика). При переходе на основную частоту базовой станции и нулевой таймслот в интервале 26 кадра мобильная станция определяет логический канал, и в случае, если это канал CBCH или если номер кадра в мультикадре каналов управления с 32 по 35, она должна получить информацию этого канала.

Ключевые слова: CellBroadcast, широковещательная передача, сотовая связь, протоколы сотовой связи, базовые станции GSM, 2G, 3G, 4G, OSMOCOM.

**RESEARCH AND DEVELOPMENT OF METHODS FOR IMPROVING THE
TRANSMISSION OF BROADCAST MESSAGES IN CELLULAR NETWORKS OF 2G-4G
GENERATIONS ON THE EXAMPLE OF A PROTOTYPE SYSTEM**

M.V. Eryutov

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

Purpose: The author provides a method for transmitting broadcast messages in traffic channels.

Design / methodology / approach: The article describes the possibilities of the OSMOCOM project, the process of creating a 2G prototype system that allows you to organize the connection of two mobile phones through a base station. Author offers A variant of using Cell Broadcast Channels (CBCH) is proposed for transmission of broadcast messages in 26 traffic channels. The last frame of the traffic channel multiframe may be tuned to the base station fundamental frequency, slot zero. Such a setting may cause the position of the last frame of the TCH multiframe to shift relative to the BCCH control multiframe by exactly one frame every 240 ms (equal to two TDMA traffic frames). When switching to the base station fundamental frequency and zero timeslot in frame interval 26, the mobile station determines the logical channel, and if it is a CBCH channel or if the frame number in the multiframe of control channels is from 32 to 35, then it should receive information of this channel.

Findings: In the paper, an optimal variant of broadcast messages transmission is found, which ensures the delivery of messages to all subscribers.

Research limitations/implications: Research is limited to the use of mobile devices with Calypso chipsets only. But the results can be embedded in real equipment such as base stations.

Originality/value: The value of the entire article is the new method of broadcasting messages.

Key words: Cell Broadcast, cellular protocols, base stations GSM, 2G, 3G, 4G, OSMOCOM.

**ТЕХНОЛОГИЯ MMWAVE В СЕТЯХ ПЯТОГО ПОКОЛЕНИЯ.
ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.**

А.В. Пронин

ORCID: 0000-0002-9692-9556 e-mail: andreytemnikov.pronin@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе рассматривается технология передачи данных mmWave в сетях пятого поколения. Приведены ее общие принципы работы и характеристики, преимущества и проблемы развертывания в условиях городской среды. Проведен анализ и выявлены проблемы внедрения построения сетей на примере строений различной конфигурации. Описаны различные варианты построения сетей с данной технологией и сделаны соответствующие выводы. Помимо этого, было проведено исследование на предмет того, что сможет ли mmWave использоваться для решения проблемы последней мили.

Ключевые слова: mmWave, 5G, скорость передачи, NewRadio.

MMWAVE TECHNOLOGY IN 5 GENERATION NETWORKS.

A.V. Pronin

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev is a future-oriented university

Purpose: The study of mmWave technology, its prospects, methods of implementation and deployment problems in a city environment.

Design / methodology / approach: Methodology consists in collecting up-to-date information about the problem and its analysis, followed by a detailed analysis and possible proposals for its improvement. Using the developments and information of authors from countries where mmWave technology is being actively implemented or similar commercial networks are already operating, it is possible to identify certain patterns that will undoubtedly be useful when introducing technology in countries where it is just being developed. This will serve as a good basis for avoiding large outlays and failures.

Findings: In the work done, the results of the analysis of possible problems that will be encountered when deploying mmWave technology in various buildings and beyond are presented.

Research limitations/implications: Insufficiency of information in this area, or rather, numerical values with direct experimentation and their number. There is little information about the operation of networks with this technology in buildings of various configurations and from various materials to obtain an array of statistical data.

Originality/value: mmWave technology in 5G networks is currently in its infancy, despite the fact that it appeared along with new generation networks. Few countries can boast fully operational commercial networks with this technology, so the information provided in this paper certainly has high levels of value and originality. The area in which this study is being conducted contains a lot of unsolved problems.

Key words: mmWave, 5G, transmission speed, NewRadio.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА
УРОВНЯ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Д.А.Шевченко

ORCID: 0000-0000-0000-0000 e-mail: d.shevchenko1@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе предложена разработка одной из разновидностей систем анализа уровня знаний обучающихся, реализованная с помощью ИРТ систем, сетевых систем, а также модели Раша, которая позволяет преобразовать полученные данные тестирования в некоторые оценки. Система позволяет оценивать измерение уровня подготовки пользователя системы во времени. Используется линейная шкала параметров уровня знаний. Для обеспечения достоверности оценок испытуемых нужно отслеживать качество самих тестовых заданий. Основной задачей ИРТ в данной программе является переход от индикаторных переменных к латентным параметрам. В ИРТ устанавливается связь между двумя множествами значений латентных параметров. Метод анализа тестовых задач с помощью модели Раша дает обширные, объективные и достаточно полные знания о обучающихся, выдает статистически обоснованные результаты анализа, а также позволяет прогнозировать детальную диагностику. Инструменты реализации GUI предоставляют мощный массив элементов управления GUI. Для настройки программного обеспечения дизайнеры могут изменить код соответствующим образом.

Ключевые слова: ИРТ, модель Раша, GUI, сетевые модели.

**DEVELOPMENT OF THE ANALYSIS PROGRAM
LEVEL OF KNOWLEDGE OF STUDENTS**

D.A. Shevchenko

Nizhny Novgorod state technical university. R.E. Alekseeva

Purpose: development of one of the varieties of systems for analyzing the level of knowledge of students, implemented using IRT systems, network systems, as well as the Rasch model.

Design / methodology / approach: The Rasch model assumes a probabilistic dependence on susceptibility (to the subject) according to the manifested inclination to the indicator on the level of knowledge in general, i.e. the more pronounced in the object the measured latent quality as a whole, the more it should be expressed in all indicators. The main postulate of the model: a subject with a more pronounced increase in the level of consciousness shows greater activity in all respects than a subject with a less pronounced degree. The fulfillment of this condition is a consequence of the emergence of one or another indicator of it and corresponds to the logical basis of the model. As a consequence of what was predicted above, the indicator should have differentiating sensitivity, i.e. e. to divide the subjects according to the level of knowledge, but to varying degrees.

Findings: The method of analyzing test problems using Rasch models provides extensive, objective, and fairly complete knowledge of the fundamental ones, provides statistically valid information about the analysis, and also makes it possible to predict a detailed problem.

Research limitations/implications: The study is limited to a database that includes test items, answers, and a theoretical base.

Originality/value: The task of determining the level of knowledge of trainees, as well as analyzing the correctness of practical tasks, is extremely relevant at the present time. In the educational process, it is necessary to control the quality of the taught matter, and with it an assessment, to determine the level of knowledge.

Key words: IRT, Rasch model, GUI, network models.

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

В.В. Вычужанин

ORCID: 0000-0002-6302-1832 e-mail: vint532@yandex.ru

А.В. Вычужанин

ORCID: 0000-0001-8779-2503 e-mail: vint532@yandex.ru

Национальный университет «Одесская политехника»

В работе приведены результаты разработки модели интеллектуальной системы поддержки принятия решений для диагностики технического состояния сложных систем на основе байесовских сетей доверия. Для построения системы используется априорная информация о надежности компонентов сложных технических систем. Разработанная диагностическая модель связывает виды технического состояния компонентов систем и диагностические признаки в виде риска их отказов. Проведено исследование разработанной модели интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Полученные результаты исследований позволяют прогнозировать значения риска отказов и поддерживать принятие решений при поиске дефектов в отказавших компонентах системы. Использование апостериорного вывода в байесовских сетях позволяет рассчитывать риск отказов компонентов систем с учетом поступающей диагностической информации и информации об отказах компонентов.

Ключевые слова: интеллектуальная система поддержки принятия решений, компоненты сложных технических систем, риск отказа, диагностирование, байесовская сеть доверия.

A MODEL OF AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE SYSTEM OF DIAGNOSTICS OF THE TECHNICAL CONDITION OF COMPLEX SYSTEMS

V.V. Vychuzhanin, A.V. Vychuzhanin

National University "Odessa Polytechnic"

Purpose: Decision support for the intelligent system of diagnostics of the technical condition of complex systems.

Design / methodology / approach: To implement an intelligent decision support system for the system of diagnostics of the technical condition of complex systems, it is necessary to develop its model based on Bayesian trust networks. A priori information about the reliability of components of complex technical systems is used to build the system. The developed diagnostic model connects the types of technical condition of system components and diagnostic signs in the form of the risk of their failures.

Findings: A study of the developed model of an intelligent decision support system has been conducted. The obtained research results make it possible to predict the values of the failure risk and support decision-making when searching for defects in failed system components.

Research limitations/implications: The use of a posteriori inference in Bayesian networks makes it possible to calculate the risk of failures of system components, taking into account incoming diagnostic information and information about component failures.

Originality/value: The methodological foundations of information support for decision-making support in the search for the causes of failures of elements of complex technical systems being diagnosed have been further developed, based on models of Bayesian networks of trust and allowing: to determine the significance of the interconnections and interactions of system components operating in systems; to control the values of the probability of loss of operability and the risk of failures of system components when information about failures is received; to predict trends in the probability of loss of operability and the risk of failures of system components, taking into account changes in the probability and risks of failures of their individual elements in order to choose a strategy for their recovery; to support decision-making when searching for the causes of failures of system components.

In comparison with existing models, the developed model of an intelligent decision support system for finding the causes of failures has advantages: less labor intensity, the possibility of using models based on the modular principle.

Keywords: intelligent decision support system, components of complex technical systems, failure risk, diagnostics, Bayesian network of trust.

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Н.Д. Рудниченко

ORCID: 0000-0002-7343-8076 e-mail: nickolay.rud@gmail.com

В.В. Вычужанин

ORCID: 0000-0002-6302-1832 e-mail: vint532@yandex.ua

А.А. Егошина

ORCID: 0000-0002-5808-5647 e-mail: tv_61@ukr.net

Национальный университет «Одесская Политехника», Одесса

И.М. Петров

ORCID: 0000-0002-8740-6198 e-mail: firmn@list.ru

Национальный университет «Одесская морская академия», Одесса

В докладе приведены результаты разработки и исследования программного модуля детекции и интеллектуального анализа биометрических персональных данных пользователей корпоративной информационной системы управления проектами. Исследование осуществлено на базе использования алгоритмов машинного обучения и моделей искусственных нейронных сетей, предложена концепция реализации операций устранения шумов и ложных срабатываний моделей при распознавании изображений. Разработка модуля выполнена на базе клиент-серверной архитектуры в форме мобильного приложения и десктопного модуля учета и обработки данных, программная реализация осуществлена на базе применения средств языка программирования Python и облачной платформы Google Colab.

Ключевые слова: машинное обучение, искусственные нейронные сети, теория распознавания образов, анализ биометрических данных.

SOFTWARE MODULE FOR INTELLIGENT ANALYSIS OF BIOMETRIC PERSONAL DATA

N.D. Rudnichenko, V.V. Vychuzhanin, A.A. Egoshina, T.V. Otradsкая, I.M. Petrov

National University "Odessa Polytechnic", Odessa

National University "Odessa Maritime Academy"

Purpose: The authors propose a software module for the intellectual analysis of biometric personal data of users of a corporate information project management system.

Design / methodology / approach: The article presents the results of the design and development of a software module for the detection and intellectual analysis of images of users' faces for their automatic identification in order to provide access rights to the project management system. The authors propose the use of various algorithms and methods for data analysis, including models based on the use of deep artificial neural networks of convolutional architecture, Eigenfaces (Haar) and Local Binary Patterns methods. The software implementation of the module is based on the python programming language, the libraries sklearn, numpy, pandas, matplotlib, keras, tensorflow are used to create and study models of artificial neural networks, independently developed a class for image processing and extraction of statistical characteristics.

Findings: A model of a deep artificial neural network was created and its hyperparameters were selected to ensure the accuracy of solving the problem of recognizing images of user faces on a validation set of more than 96%. The results obtained can be used to create an automated access control system in order to reduce the time spent on processing and analyzing user face images during the authorization process..

Research limitations/implications: The research is limited to the input data sample of images of Caucasian people aged 18 to 35 years, however, the resulting models can be adapted and additionally trained on an expanded data set in order to modify and update the model for the regional features of people's faces.

Originality/value: The value of the article is the experimental data on the evaluation of different models of face recognition of users in real time. The authors propose the concept of using a software module for automating face recognition tasks, as well as ways to improve the quality of data analysis based on eliminating noise values in images, evaluating falsification and substitution of images from physical media, and analyzing the frequency characteristics of heterogeneous facial elements.

Keywords: machine learning, artificial neural networks, pattern recognition theory, biometric data analysis.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

И.С. Назмутдинов

ORCID: 0000-0003-3093-0754 e-mail: nazmutdinov71@mail.ru

С.И. Буробин

ORCID: 0000-0001-6371-4743 e-mail: Bari-55555@mail.ru

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

Решение задачи определения уровней работоспособности радиотехнических устройств (РТУ) связано с необходимостью установления критериев работоспособности для современной и перспективной техники, при которых определяется возможность и целесообразность их восстановления.

С этой целью предлагается методика определения количества уровней работоспособности РТУ. Решение задачи определения уровней работоспособности РТУ производится с использованием методов исследования структурно-сложных систем. Используется логико-вероятностный метод, сущность которого заключается в использовании математического аппарата булевой алгебры и последующем переходе к расчету вероятности работоспособного состояния узлов и ветвей исследуемой структуры.

Ключевые слова: радиотехническое устройство, уровень работоспособности, логико-вероятностный метод, аппарата булевой алгебры, смешанная форма функции вероятности

DETERMINATIONS OF OPERATING LEVELS OF RADIO ENGINEERING DEVICES

I.S. Nazmutdinov, S.I. Byrobin

Zhukovsky and Gagarin Voronezh air force academy

Purpose: Solving the problem of determining the levels of performance of radio engineering devices (RTD) is associated with the need to establish performance criteria for modern and advanced technology, which determine the possibility and expediency of their restoration. To this end, a method is proposed for determining the number of levels of RTU performance.

Design/methodology/approach: The solution of the problem of determining the levels of performance of RTU is carried out using the methods of studying structurally complex systems. A logical-probabilistic method is used, the essence of which is the use of the mathematical apparatus of Boolean algebra and the subsequent transition to calculating the probability of the working state of the nodes and branches of the structure under study.

Findings: This technique is applicable both for determining the number of performance levels of RTU as a whole, and for determining the number of performance levels in a separate tool in order to establish the possibility of operation of RTU in the process of working with reduced tactical and technical data.

Research limitations/implications: When forming the levels of performance for RTU, the approach used in assessing the survivability of complex technical systems is used. In accordance with this approach, the basic structure of any technique S_0 is represented by a multi-tiered branching structure, in which the tool is represented as nodes interconnected and having their own rank in this structure.

Originality/value: This technique can be applied both to determine the number of health levels of RTU as a whole, and to determine the number of health levels in a separate tool. Therefore, the proposed method is really relevant.

Keywords: radio engineering device, performance level, logical-probabilistic method, apparatus of Boolean algebra, mixed form of the probability function

**СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ УРОВНЕЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

И.С. Назмутдинов

ORCID: 0000-0003-3093-0754 e-mail: nazmutdinov71@mail.ru

С.И. Буробин

ORCID: 0000-0001-6371-4743 e-mail: Bari-55555@mail.ru

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

Для определения возможностей функционирования радиотехнических устройств (РТУ) с пониженными тактико-техническими характеристиками, а также определения рациональных путей и способов восстановления работоспособности техники системой технического обслуживания и ремонта при наличии временных ограничений необходимо найти такое состояние аппаратуры образца РТУ, при котором он будет способен выполнить поставленную задачу.

С этой целью предлагается способ формирования уровней работоспособности РТУ, который основывается на использовании булевой модели надежности, а также логико-вероятностных методов расчета надежности структурно-сложных систем.

Ключевые слова: радиотехническое устройство, расчетная схема надежности, булева структурная функция, работоспособное состояние, функция работоспособности

METHOD FOR FORMING OPERATING LEVELS OF RADIO ENGINEERING DEVICES

I.S. Nazmutdinov, S.I. Byrobin

Zhukovsky and Gagarin Voronezh air force academy

Purpose: To determine the possibilities of functioning of radio engineering devices (RTD) with reduced tactical and technical characteristics, as well as to determine rational ways and methods for restoring the operability of equipment by a maintenance and repair system in the presence of time constraints, it is necessary to find such a state of the equipment of the RTU sample in which it will be able to perform the task

Design / methodology / approach: To determine the possibilities of functioning of radio engineering devices, it is proposed to develop a method for generating levels of RTU performance, which is based on the use of a Boolean reliability model, as well as logical-probabilistic methods for calculating the reliability of structurally complex systems.

Findings: The proposed method makes it possible to form the state of the equipment in a sample of radio engineering devices with different levels of performance, in which the sample will solve problems with reduced performance characteristics.

In addition, this method allows you to determine rational ways and methods for restoring the operability of a radio engineering device by a maintenance and repair system in the presence of time constraints.

Research limitations/implications: It is assumed that the operable state of a piece of equipment depends on the operability of functionally completed elements of equipment and construction. Each such element of the technique sample is assigned a Boolean variable.

Originality/value: The calculation of the Boolean structural function makes it possible to determine the minimum set of elements (the minimum path) that form the level of performance, which is included in the set corresponding to the operational states of the equipment sample.

Keywords: radio engineering device, reliability calculation scheme, Boolean structural function, operable state, operability function

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ И ЭКОБЕЗОПАСНОСТЬЮ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

С.А. Манцеров

ORCID: 0000-0001-8458-8259 e-mail: mca_9@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Цель работы: создание системы адаптивных моделей вычислений и технологий для интеллектуального управления качеством и экобезопасностью состояний сложных технических объектов и технологических процессов.

Результаты: система моделей вычислений, включающая «мягкие» и оптимизационные модели вычислений, адаптированная для решения задач обеспечения контролепригодности, отказоустойчивости и экобезопасности состояний сложных технических объектов и технологических процессов.

Научный подход: решение поставленных задач основано на применении теории системного анализа, обработки и систематизации информации, теории управления и методов принятия решений, теории нечётких множеств, методов математического и структурного моделирования, функциональной систематики.

Новизна: заключается в новой концепции интеллектуального управления качеством и экобезопасностью состояний технических и технологических объектов. В отличие от известных подходов к управлению качеством и экобезопасностью состояний технических и технологических объектов, неориентированных, как правило, на проблему ускорения вычислений, предложенная обобщенная схема интеллектуального управления качеством и безопасностью состояний технических и технологических объектов основана на модифицированных моделях вычислений и технологиях.

Ключевые слова: интеллектуальное управление, технические и технологические объекты, модели вычислений, экобезопасность, техническое состояние.

INTELLIGENT QUALITY MANAGEMENT AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF COMPLEX TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL FACILITIES

S.A. Mantserov

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

The purpose of the work is to create a system of adaptive models of computing and technologies for intelligent quality management and environmental safety of complex technical objects and technological processes.

Results: a system of computing models, including "soft" and optimization models of computing, adapted to solve the problems of ensuring the controllability, fault tolerance and environmental safety of the states of complex technical objects and technological processes.

Scientific approach: the solution of the tasks is based on the application of the theory of system analysis, processing and systematization of information, management theory and decision-making methods, the theory of fuzzy sets, methods of mathematical and structural modeling, functional systematics.

Novelty: it consists in a new concept of intelligent quality management and environmental safety of technical and technological facilities. In contrast to the well-known approaches to quality management and environmental safety of the states of technical and technological objects, which are not focused, as a rule, on the problem of accelerating calculations, the proposed generalized scheme of intelligent quality and safety management of the states of technical and technological objects is based on modified models of computing and technologies.

Keywords: intelligent control, technical and technological objects, computing models, environmental safety, technical condition.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВНЕШНИХ СИЛ

А.А. Сатаев

ORCID: 0000-0003-2294-9877 e-mail: sancho_3685@mail.ru

В.В. Андреев

ORCID: 0000-0002-7557-352X e-mail: vyach.andreev@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Моделирование процессов смешения жидкостей различных по температурам, вязкости, химическому составу имеет важное значение в понимании процессов тепломассопереноса. Эти процессы оказывают существенное влияние на условия работы реакторной установки, ее нейтронную физику, гидравлику, безопасность, прочность. Кроме того, не менее важной проблемой для ядерной энергетики, а в частности судовых ядерных энергетических установок является проблема моделирования влияния внешних динамических воздействий. В статье представлен подход к визуализации и формализации параметров неизоотермического смешения как стационарном режиме, так и при воздействии внешней периодической силы. Анализ полученных изображений позволяет исследовать процесс нестационарного теплообмена в условиях внешних динамических воздействий и идентифицировать области неравномерного смешения. Были предложены новые критерии неизоотермического смешения и даны рекомендации по их применению.

Ключевые слова: визуализация, смешение неизоотермических потоков, OpenCV, качка.

METHODS OF ANALYSIS AND VISUALIZATION OF THERMAL HYDRAULIC PROCESSES UNDER THE IMPACT OF EXTERNAL FORCES

A.A. Sataev, V.V. Andreev

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

Purpose: This article considers the problem of taking into account the influence of a change in spatial orientation on thermal-hydraulic processes.

Design/methodology/approach: To obtain the parameters of non-isothermal mixing and create a database of these processes, first of all, an experimental method was used to study these processes on a small-scale model. The obtained parameters were visualized and further graphic images were analyzed using the OpenCV library (Open Source Computer Vision Library - an open source computer vision library).

Findings: A new approach to visualization of mixing processes of non-isothermal flows is proposed. The result of this analysis was the integral and local characteristics of the process of non-isothermal mixing of flows. To assess the degree of influence of a change in the nature of the problem on the integral characteristics of the process of mixing of non-isothermal flows, a series of experiments was carried out for various types of problems.

Research limitations/implications: The research is limited by the scale of the model, and there is also a need to develop other criteria for assessing the nonisothermal mixing of flows under the influence of external forces.

Originality/value: The value of the article is a new approach to the evaluation of non-isothermal mixing processes. The analysis of the obtained images makes it possible to study the process of non-stationary heat transfer under the conditions of external dynamic influences and to identify areas of non-uniform mixing.

Keywords: visualization, mixing of non-isothermal flows, OpenCV, pitching

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ДОКУМЕНТООБОРОТА

Альшатер Махер Габер Али

ORCID: 0000-0001-7793-2891 e-mail: althaere@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе на примере группы геодезических компаний ООО "ЗЕНИТ" рассматриваются основные процессы разработки информационной системы электронного документооборота. Описан алгоритм обработки входящей и исходящей документации. Приведена основная цель автоматизированной информационной системы - разработка подсистемы учета и контроля исполнения документов ООО "ЗЕНИТ". Описаны результаты, которые предполагается достичь при внедрении информационной системы на предприятии. Приведённые расчёты экономической эффективности внедрения информационной системы подтверждают целесообразность результатов работы. Срок окупаемости составил 138 рабочих дней, что составляет примерно 6,5 месяцев.

Ключевые слова: автоматизированная система, документооборот, документ, электронный.

THE AUTOMATED SYSTEM FOR SUPPORTING THE CIRCULATION OF DOCUMENTS

Alshater Maher Gaber Ali

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

The article considers the main processes of developing an information system for electronic document management. The authors analyze the example of the group of geodetic companies LLC "ZENIT". An algorithm for processing incoming and outgoing documentation is described. The main goal of the automated information system is formulated as the development of a subsystem for accounting and control over the execution of documents by ZENIT LLC. The results that are expected to be achieved when implementing the information system in an enterprise are described. The results of calculations given in the article prove the economic efficiency of the implementation of the information system and confirm the feasibility of the results of the work. The payback period is 138 working days, which is approximately 6.5 months.

Key words: automated system, workflow, document, electronic.

**РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ «ТЕХНИЧЕСКИЙ АНТИПЛАГИАТ» НА КАФЕДРЕ
«ЯДЕРНЫЕ РЕАКТОРЫ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ»**

В.В. Андреев

ORCID: 0000-0002-7557-352X e-mail: vyach.andreev@mail.ru

В.Е. Гай

ORCID: 0000-0002-3644-5234 e-mail: iamuser@inbox.ru

Н.П. Тарасова

ORCID: 0000-0001-9561-7123 e-mail: tar06@list.ru

А.М. Самойлов

ORCID: 0000-0003-1297-0963 e-mail: samoilov15.03.1999@mail.ru

Е.Д. Ермоленко

ORCID: 0000-0001-8015-4832 e-mail: ermolenko.katia2014@yandex.ru

А.А. Сатаев

ORCID: 0000-0003-2294-9877 e-mail: sancho_3685@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Перед защитой выпускной квалификационной работы (ВКР) каждый студент проверяет свою ВКР на уникальность в системе «Антиплагиат». Но опыт работы с этой системой на кафедре «Ядерные реакторы и энергетические установки» показал: проверка технических проектов в системе «Антиплагиат» не является показательной. Технический проект – это расчет, выполненный по уникальным исходным данным, но по жесткому алгоритму, с использованием стандартных формулировок при оформлении. Система «Антиплагиат» способна оценить оригинальность литературных произведений, но не способна обнаружить заимствования в технической документации, в которой уникальность содержится не в тексте, а в численных значениях результатов проектирования. Решить эту проблему можно путем реализации некоторой информационной системы, которая сможет оценить уникальность технического проекта по результатам расчетов. В статье описывается разработка, реализация и первые результаты работы системы «Технический Антиплагиат» на кафедре «Ядерные реакторы и энергетические установки». «Технический Антиплагиат» – это информационная система, способная оценить оригинальность технической документации по проектам, что является лишь одним из возможных направлений использования этой системы.

Ключевые слова: система «Антиплагиат», система «Технический Антиплагиат», уникальность, технический проект, плагиат.

**IMPLEMENTATION OF THE SYSTEM «TECHNICAL ANTIPLAGIARISM » AT THE
DEPARTMENT «NUCLEAR REACTORS AND POWER PLANTS»**

V.V. Andreev, V.E. Guy, N.P. Tarasova, A.M. Samoilov, E.D. Ermolenko, A.A. Sataev

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

Purpose: The article describes the development, implementation and first results of the «Technical Antiplagiarism» system at the Department of «Nuclear Reactors and Power Plants» of the Institute of Nuclear Energy and Technical Physics named after Academician F.M. Mitenkov of the Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseeva.

Design/methodology/approach: To implement the «Technical Antiplagiarism» system, a database of the results of calculations of final qualification works of graduates was created. Each project is a set of parameters that are the coordinates of a vector in an n-dimensional space. To compare two projects means to determine the proximity of two points in n-dimensional space.

Findings: A methodical approach to the development of the «Technical Antiplagiarism» system has been formulated, directions for using the «Technical Antiplagiarism» system have been formulated, and the first results of the system's operation have been obtained.

Research limitations/implications: This article proves the efficiency of the «Technical Antiplagiarism» system and allows you to formulate the next steps for the implementation of all areas of the system.

Originality/value: The developed system is unique, there are no analogues.

Keywords: «Antiplagiarism» system, «Technical Antiplagiarism» system, uniqueness, technical project, plagiarism.

АНАЛИЗ ВЕДУЩИХ ERP-СИСТЕМ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

Л.В. Кулагина

ORCID: 0000-0001-5734-411X e-mail: ku1aginal@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе проведен анализ основных ERP-систем крупных предприятий, представленных на российском рынке с 2019 по настоящее время. Выделены показатели эффективности основных ERP-систем крупных предприятий. Описывается направление развития ERP-систем. Автор использует сравнительный метод для определения оптимальной ERP-системы для крупных компаний. Предложен единый подход к выбору ERP-системы крупных предприятий представленных. В заключение показано, что из проанализированного набора ERP-систем есть системы, подходящие для крупных компаний. В качестве заключения автор рассматривает возможный курс развития ERP-систем с учетом современных вызовов.

Ключевые слова: ERP-системы, анализ ERP-систем.

ANALYSIS OF THE LEADING ERP SYSTEMS ON THE RUSSIAN MARKET

L.V. Kulagina

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

Purpose: The author analyzes the ERP systems of large enterprises represented on the Russian market.

Design / methodology / approach: The article selects the performance indicators of the main ERP systems of large enterprises. The article also describes the direction of development of ERP systems. The author uses comparative methods to determine the optimal ERP system for large companies.

Findings: Choosing the optimal ERP system for large enterprises.

Originality/value: The value of the whole article lies in the unified approach applied to ERP systems of large enterprises presented on the Russian market from 2019 to the present. In conclusion, the article shows that from the analyzed set of ERP systems there are systems suitable for large companies. As a conclusion, the author considers a possible course of development of ERP systems taking into account modern challenges.

Key words: ERP systems, analysis of ERP systems.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТА ВЫГРУЗКИ ДАННЫХ ИЗ МОДЕРНИЗИРУЕМОЙ ERP-СИСТЕМЫ

Л.В. Кулагина

ORCID: 0000-0001-5734-411X e-mail: kulaginal@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева

В докладе рассмотрен процесс перехода от устаревшей ERP-системы к новой на примере перехода к системе SAP. Описываются этапы миграции данных. Рассмотрены особенности разработка инструмента выгрузки данных. Описаны преобразования структур хранения данных к нормальным формам. Приведены примеры данного процесса. Рассматриваются шаблоны загрузки данных.

Ключевые слова: ERP-системы, базы данных, корпоративные информационные системы.

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF A TOOL FOR UNLOADING DATA FROM A HISTORICAL SYSTEM

L.V. Kulagina

Nizhny Novgorod State Technical University, Nizhny Novgorod

Purpose: The paper considers the process of transition from a historical ERP system to a new one using the example of the transition to an SAP system. The stages of data migration are described. The features of the development of a data upload tool are considered. The paper describes transformations of data storage structures to normal forms. Data loading patterns are considered.

Design / methodology / approach: The article describes the features of the transition between ERP systems. The author reveals the features of uploading data from the historical system to the selected new one.

Findings: Features of database normalization.

Originality/value: The value of the entire article lies in the identified problems that employees will face during the transition from the historical system to the new one. In conclusion, the article shows that the problem of unloading data from a historical system to any other ERP system implies the same problem – data transfer, which will differ in correctness and accuracy

Key words: ERP systems, databases, corporate information systems.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДА ОТ МОДЕРНИЗИРУЕМОЙ ERP К НОВОЙ

Л.В. Кулагина

ORCID: 0000-0001-5734-411X e-mail: ku1aginal@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе рассмотрены особенности перехода от устаревшей ERP системы к новой на примере миграции в SAP. Определены основные моменты. Используются алгоритмы переноса данных, которые базируются на правилах сравнения типов данных. Учтены процессы переноса нормативно-справочной информации и данных. Показаны особенности переноса бухгалтерских данных, учета договоров и пользовательских настроек. В заключении особое внимание уделено проверке перенесенных данных из устаревшей системы в новую.

Ключевые слова: ERP-системы, перенос данных, перенос нормативно-справочной информации, переход от устаревшей системы к новой, система SAP.

FEATURES OF THE TRANSITION FROM THE HISTORICAL ERP TO THE NEW SYSTEM

L.V. Kulagina

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

Purpose: The paper considers the process of transition from a historical ERP system to a new one using the example of the transition to an SAP system. The stages of data migration are described. The features of the development of a data upload tool are considered. The paper describes transformations of data storage structures to normal forms. Data loading patterns are considered.

Design / methodology / approach: The article describes the features of the transition between ERP systems. The author reveals the features of uploading data from the historical system to the selected new one.

Findings: Features of database normalization.

Originality/value: The value of the entire article lies in the identified problems that employees will face during the transition from the historical system to the new one. In conclusion, the article shows that the problem of unloading data from a historical system to any other ERP system implies the same problem – data transfer, which will differ in correctness and accuracy

Key words: ERP systems, databases, corporate information systems.

ПРОБЛЕМА РАЗРАБОТКИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОТ ВИРУСНЫХ АТАК

Р.А. Хворов

ORCID: 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)

Предпосылки решения проблемы разработки теоретических и организационно-методических основ адаптивного управления защищенностью объектов информационной инфраструктуры автоматизированных систем (АС) от вирусных атак позволяют сформулировать постановку и порядок ее решения.

Требуется синтезировать множество характеристик защищенности объектов информационной инфраструктуры АС от вирусных атак, адекватность оценки управления защищенностью при котором будет превосходить адекватность оценки существующими методами управления.

Сформулированную проблему целесообразно решать в виде следующей последовательности задач:

- синтеза системы характеристик, отражающих возможности по обеспечению защищенности объектов информационной инфраструктуры АС от вирусных атак при заданных характеристиках, отражающих возможности нарушителя и характеристиках, отражающих возможности антивирусных механизмов;
- разработки системы математических моделей оценки исследуемых характеристик;
- обоснования показателя качества управления защищенностью объекта информационной инфраструктуры АС от вирусных атак;
- исследования влияния адаптивного управления защищенностью объекта информационной инфраструктуры АС от вирусных атак на качество их функционирования.

Ключевые слова: адаптивное управление, вирусные атаки, защищенность, автоматизированные системы.

THE PROBLEM OF DEVELOPING THEORETICAL, ORGANIZATIONAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF THE REACTION OF MANAGING SECURITY OF OBJECTS DISCLOSURE CONFIDENTIAL SECURITY SYSTEMS FROM VIRUS ATTACKS

R.A.Khvorov

Air force academy N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin»

Purpose: The prerequisites for solving the problem of developing theoretical, organizational and methodological foundations for adaptive control of the security of information infrastructure objects of automated systems (AS) from virus attacks allow us to formulate the formulation and procedure for its solution.

Design/methodology/approach: It is required to synthesize a set of characteristics of the security of AS information infrastructure objects from virus attacks, the adequacy of the assessment of security management in which will exceed the adequacy of the assessment by existing management methods.

Research limitations/implications: It is advisable to solve the formulated problem in the form of the following sequence of tasks:

- synthesis of a system of characteristics that reflect the ability to ensure the security of NPP information infrastructure objects from virus attacks with given characteristics that reflect the capabilities of the intruder and characteristics that reflect the capabilities of anti-virus mechanisms;
- development of a system of mathematical models for assessing the characteristics under study;
- substantiation of the quality indicator for managing the security of the NPP information infrastructure object from virus attacks;
- studies of the impact of adaptive control of the security of the NPP information infrastructure object from virus attacks on the quality of their functioning.

Originality/value: Improving the effectiveness of protection of information infrastructure objects of automated systems in the conditions of virus attacks.

Keywords : adaptive control, virus attacks, security, automated systems.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С НЕЧЕТКИМИ ДАННЫМИ

О.П. Тимофеева

ORCID: 0000-0002-1935-7697 e-mail: optimofeeva@mail.ru

А.Н. Санников

ORCID: 0000-0002-8418-506X e-mail: lexsannikov@yandex.ru

В.А. Веселов

ORCID: 0000-0003-2498-246X e-mail: idrди2@yandex.ru

А.Ю. Карпычева

ORCID: 0000-0001-9236-5207 e-mail: angelina00548@mail.ru

Л.М. Кочеганова

ORCID: 0000-0003-1205-6637 e-mail: lili-rashel@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В условиях становления цифровой экономики широкое применение получили задачи оптимизации логистических сетей поставок продукции, которые основаны на теории и методах решения транспортных задач. Одним из критериев оптимальности плана поставок продукции является минимизация издержек по ее транспортировке с целью уменьшения себестоимости товара на экономическом рынке. Большинство из существующих математических методов, оказываются неэффективными при решении управленческих задач в условиях недостаточной информации об исследуемых процессах и явлениях. Для определения оптимального производства и распределения продукции, согласно потребительскому спросу, используются элементы нечеткой логики. В статье приводятся постановка транспортной задачи с нечетко заданными потребностями, описание метода приближенного решения поставленной задачи, результаты тестирования на различных начальных условиях и сравнительный анализ результатов между классической транспортной задачей и задачей с нечеткими входными данными.

Ключевые слова: транспортная задача, нечеткая логика, нечеткие данные, ограниченность ресурсов.

OPTIMIZATION OF A TRANSPORT TASK WITH FUZZY DATA

O.P. Timofeeva, A.N. Sannikov, E. Kasko, L.M. Kocheganova

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

Purpose: The purpose of this article is to formulate a transport problem in conditions of uncertainty of consumer demand and to simulate the operation of the algorithm under various initial conditions.

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.

Findings: As a result, a comparative analysis was made between the classical transport problem and using fuzzy data.

Research limitations/implications: The results obtained in the course of the study can be used by logistics companies to optimize the work on the supply of products.

Originality/value: The novelty of the work lies in the use of fuzzy logic elements to solve a transport problem with changing consumer demand.

Keywords: transport problem, fuzzy logic, fuzzy data, limited resources.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ КЛЕТОК КРОВИ

П.А. Шагалова

ORCID: 0000-0002-6676-4228 e-mail: polli-shagalova@yandex.ru

Э.С. Соколова

ORCID: 0000-0003-0860-2463 e-mail: essokolowa@gmail.com

С.Н. Рындов

ORCID: 0000-0002-8541-3757 e-mail: s.rindow@yandex.ru

А.В. Бухнин

ORCID: 0000-0003-3384-5248 e-mail: bukhnin@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе представлены результаты разработки приложения, используемого для анализа изображений клеток крови, определения их характеристик - деформируемости, размеров, степени агрегации, с использованием технологий компьютерного зрения. Приложение включает несколько модулей, реализующие алгоритмы обработки изображений микроскопии крови. Для тестирования приложения использована реальная база данных изображений микроскопии крови, для увеличения размеров которых применены методы аугментации. Разработанное приложение может использоваться для обработки изображений микроскопии в области биологии, материаловедения, микроэлектроники. Микросервисная архитектура приложения позволяет встраивать новые решения, локально делать обновления, выбирать эффективные инструменты для обработки разного вида изображений. Существующие зарубежные решения очень дороги, что делает актуальным разработку алгоритмов анализа изображений микроскопии.

Ключевые слова: компьютерное зрение, обработка изображений, медицинское приложение, QT, OpenCV

CREATING AN APPLICATION FOR TASKS OF BLOOD CELLS IMAGES PROCESSING

P.A. Shagalova, E.S. Sokolova, S.N. Ryndov

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

Purpose: to describe the architecture of software development for practical and scientific use in the field of medicine.

Design / Methodology / Approach: an analysis was performed and the choice of a platform for creating software for medical image analysis was justified - the implementation of the software in C++ with QT Creator. Computer vision algorithms of the OpenCV library are used for image processing. To build the OpenCV library on the QT platform, the cross-platform utility CMake is used. The application includes the implementation of algorithms for determining the properties of blood cells, the analysis of aggregation processes, the determination of particle sizes on images of blood cells with the calculation of the Ferré diameter. The results of image processing are displayed in the form of diagrams and with the marking of the results on the analyzed image. Magnification methods were investigated to increase the sample size. For this purpose, the mdbloice/Augmentor library implemented in Python was used, which allows working with image masks. By applying magnification methods to the original image and the resulting mask, the efficiency of working on the magnification of the dataset was significantly increased without having to relabel the resulting images.

Findings: The article presents the results of automated processing of medical images that provide new information for diagnosis and scientific medical research.

Research limitations/implications: The research is limited by the medical image database. The architecture of the developed blood cell analysis application is scalable and allows the addition of new modules for specific research purposes.

Originality/Value: Currently, medical image analysis is performed using costly third-party solutions. Automation of microscopic image analysis algorithms based on artificial intelligence will improve the efficiency of object recognition in images. The developed application can be used for microscopy image processing in the fields of biology, material science, and microelectronics. The microservice architecture of the application allows you to include new software modules and provide users with only the necessary modules.

Keywords: computer vision, image processing, medical application, QT, OpenCV

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ СОПРОВОЖДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ
НА ВИДЕОПОТОКЕ****М.Б. Багиров**ORCID: 0000-0003-1656-0849 e-mail: bagirov_mirabbas@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе представлены результаты разработки интеллектуальной системы, применяемой для анализа транспортных средств на видеопотоке – детектирование, классификация, отслеживание транспортных средств. Для тестирования работы системы использовался StanfordCarDatasetс добавлением собственного датасета, включающего в себя 6000 изображений. Разработанная система может использоваться в интеллектуальных транспортных системах (ИТС). Решение имеет микросервисную архитектуру с легко обновляемыми и заменяемыми модулями в соответствии с требованиями функциональности системы. Данная задача не тривиальна, так как требуется учет большого количества факторов (положение камеры, условия освещенности, перекрытие объектов, разрешения изображений в видеопотоке и т.д.), что делает задачу актуальной.

Ключевые слова: компьютерное зрение, анализ изображений, нейросети, точность распознавания, классификация транспортных средств

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF ALGORITHMS FOR TRACKING OBJECTS
ON A VIDEO STREAM****M.B. Bagirov**

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

Purpose: to study and implement computer vision algorithms for analyzing vehicles in a video stream.

Design / Methodology / Approach: research was conducted and algorithms were developed to detect, classify, and track vehicles in a video stream. In studying the classification algorithms, the ResNet50 and VGG16 models were compared using error (loss) and accuracy metrics. As a result of the comparison, the ResNet50 model was selected to solve the classification problem, of which a sub-model was also selected to use the penultimate layer as the output layer. It was assumed that the vector obtained at the output contains enough representative features of the car in the image, based on which new classifiers can be created using clustering algorithms that do not require training with a teacher without retraining the original neural network. In this way, the tasks of classifying vehicles in the video stream according to the desired attribute could be successfully solved. An algorithm based on the Siamese triplet network (ReID) using the methods of SORT was used to track vehicles in the video stream. The results of the research and image processing are presented in the form of graphs, tables, and labeled results on images. For training the models, the Stanford Car Dataset was used, which contains 16,185 images classified into 196 classes, enriched with its dataset of 6,000 images whose objects characterize features such as make, model, year of manufacture, body type, color, and shooting angle. The markup was performed using the Computer Vision Annotation Tool (CVAT). In training, Adam optimizer was used as optimizer and categorical cross entropy as loss function.

Findings: The article presents the results of data mining on a video stream for vehicle detection, classification and tracking to further adapt them to specific tasks.

Research limitations/implications: The Stanford Car Dataset was used for this work, which was enriched with 6000 images from our own dataset. The photos were taken at different times of the day and under different lighting conditions to increase the stability of the developed solutions. The developed system has a microservice architecture that makes it easy to update, replace and add new modules depending on the functional requirements of the system.

Originality / Value: Currently, the analysis of the video stream and the monitoring of the vehicles are performed manually by the staff. Automating this process will not only reduce the workload and cost for the operator, but also increase the speed of decision making and the accuracy of the reports provided. The developed system can be used in intelligent transportation systems (ITS). The solution has a microservice architecture with modules that can be easily updated and replaced depending on the functional requirements of the customer.

Keywords: computer vision, image analysis, neural networks, recognition accuracy, vehicle classification

СРАВНИТЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Д. С. Бирюков,

ORCID0000-0003-4756-0294 e-mail: danbir@mail.ru

О. Н. Корелин,

ORCID 0000-0002-5928-6045 e-mail: o_korelin@mail.ru

Д. А. Кобляков

ORCID 0000-0002-7980-5801 e-mail: d.koblyakov@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В настоящее время большое значение имеет повышение качество фото и видео. Чем выше разрешение, тем качественнее картинка, тем резче и четче контуры. Существуют математические методы и алгоритмы позволяющие повысить разрешение, они относятся к классу методов Super-Resolution (SR). Наилучший эффект даёт использование нейронных сетей. В докладе предлагается реализация алгоритмов SR на разных платформах с использованием библиотек OpenCV и OpenVINO. Приводится сравнение времени выполнения методов SR на различных устройствах (CPU(x86), CPU(arm), GPU, Intel Neural Compute Stick 2). Имеется описание по настройке этих устройств, которое может быть использовано в методических целях. Особенно выделена работа с одноплатным компьютером RaspberryPi и специализированным нейросетевым сопроцессором IntelNeuralComputeStick.

Ключевые слова: Super-Resolution, OpenVINO, OpenCV, одноплатный компьютер Raspberry Pi, Intel Neural Compute Stick, нейронные сети, повышение разрешения изображений.

COMPARATIVE IMPLEMENTATION OF IMAGE RESOLUTION UPGRADE ALGORITHMS

D.S. Birukov, O.N. Korelin, D.A. Koblyakov

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

Purpose: The purpose of this article is to provide possible approaches to run inference of super-resolution neural networks. There are provide few frameworks and devices, described mean inference time and also gives guide to set up all this approaches.

Design/methodology/approach: The paper use inference metrics to compare different devices for performance in super-resolution task. There also provides description of setup, provides recommendations and requirements.

Findings: Compare of different devices in task of super-resolution. Provides description with requirements and recommendations to setup different approaches. Described common approach of usage frameworks with super-resolutions models with single-board computer.

Research limitations/implications: The present article provides a starting-point for further usage of super-resolutions models on singel-board computer.

Originality/value: Provided approach could be used on all systems that used super-resolution on single board computer. It's helps to select with devices for the system being created. It's also may be used in methodological goals.

Keywords: Super-Resolution, OpenVINO, OpenCV, Raspberry Pi Single Board Computer, Intel Neural Compute Stick, neural network, Image Upscaling

ОБУЧЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

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

О.Н. Корелин

ORCID: 0000-0002-5928-6045 e-mail: o_korelin@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева

В докладе рассмотрены вопросы, связанные с обучением искусственного интеллекта при отсутствии обучающих пар и учителя, используя генетический алгоритм. Приведен пример алгоритма с описанием элементов и принципом их работы. Показано, как с помощью полного перебора найти многослойный перцептрон, наиболее адекватно решающий поставленную задачу и почему полный перебор не подходит для современных компьютеров. Проведено исследование с целью нахождения методов увеличения скорости получения оптимального перцептрона при выполнении направленного перебора. Предложены методы, позволяющие сократить время, необходимое на нахождение наилучшей настройки сети, а также повышение точности работы конечного перцептрона. Приведен принцип разбиения нейронной сети на элементы, пригодные для кодирования ген и хромосом генетического алгоритма и рассмотрено несколько принципов мутации и скрещивания.

Ключевые слова: нейронные сети, обучение, генетический алгоритм, самообучающиеся алгоритмы, обучение без учителя, обучение баз данных, гибридные системы.

TRAINING OF A MULTILAYER PERCEPTRON USING A GENETIC ALGORITHM

O.V. Sudakov, D.V. Dmitriev, O.N. Korelin

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

Purpose: The article discusses issues related to the training of artificial intelligence in the absence of training pairs and a teacher using a genetic algorithm.

Design/methodology/approach: An example of an algorithm with a description of the elements and the principle of their operation is given. It is shown how, using a full search, to find a multilayer perceptron that most adequately solves the problem and why a full search is not suitable for modern computers. A study was conducted to find methods to increase the rate of obtaining the optimal perceptron when performing a directional search.

Findings: Methods are proposed to reduce the time required to find the best network setup, as well as to improve the accuracy of the final perceptron. The principle of splitting a neural network into elements suitable for encoding genes and chromosomes of a genetic algorithm is given, and several principles of mutation and crossing are considered.

Originality/value: The proposed methods can be used in systems from a genetic algorithm and a perceptron to accelerate learning and increase the accuracy of work. Potentially, it is possible to use these methods in other tasks using genetic algorithms.

Keywords: neural networks, learning, genetic algorithm, self-learning algorithms, unsupervised learning, data-free learning, hybrid systems.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМЫ ИНФЕКЦИОННОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ РОЖИСТОГО ВОСПАЛЕНИЯ

И.А. Лызин¹

ORCID:0000-0003-2827-441X e-mail: Lyzin@tpu.ru

С.В. Аксёнов^{1,2}

ORCID: 0000-0002-1251-7133 e-mail: axoenows@tpu.ru

О.Г. Берестнева^{1,2}

ORCID:0000-0002-4243-0637 e-mail: ogb6@yandex.ru

О.В. Марухина^{1,2}

ORCID: 0000-0003-1834-9692 e-mail: marukhina@tpu.ru

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Национальный исследовательский Томский государственный университет

Рожистое заболевание – это относительно распространенная бактериальная инфекция поверхностного слоя кожи (верхний слой дермы), характеризующаяся выпуклостью, четко выраженной, нежной, ярко-красной сыпью, обычно на лице или ногах, но это может произойти на любом участке кожи. В работе анализируются химико-лабораторные показатели пациентов с использованием методов машинного обучения для выделения наиболее информативных признаков позволяющих классифицировать форму рожистого заболевания. Исследование осуществлено на данных пациентов с диагнозом рожа, предоставленных СибГМУ. Исходная выборка представлена 114 наблюдениями и 40 показателями. В состав выборки включены лица мужского пола – 44 (38,6%) и лица женского пола – 70 (61,4%). В ходе работы исследовано влияния температурных показателей и общего анализа крови пациента на классификацию формы рожистого заболевания. Выделены информативные показатели. Построение моделей классификации формы рожистого заболевания осуществлялась с использованием библиотек машинного обучения таких как scikit-learn, xgboost.

Ключевые слова: рожистое заболевание, машинное обучение, формы заболевания, классификация, информативные признаки.

PREDICTING THE FORM OF AN INFECTIOUS DISEASE BY THE EXAMPLE OF ERYSIPELAS

I.A. Lyzin¹, S.V. Axyonov^{1,2}, O.G. Berestneva^{1,2}

¹National research Tomsk polytechnic university

²National research Tomsk state university

Purpose: Evaluation of the possibility of using machine learning algorithms in classifying the form of erysipelas, highlighting informative features.

Design / methodology / approach: During the study, several stages of machine learning models were trained using various combinations of features to obtain the best results. Such as Random Forest, logistic regression, and XGBoost were chosen as the basic classification algorithms. The data were divided into test and training samples in relation to 70% and 30%. Hyperparameters were selected using GridSearchCV from the scikit-learn library.

Findings: This study assesses the possibility of using machine analysis algorithms for the occurrence of forms of erysipelas and to identify the most effective. The informative features determined during the study make it possible to classify the form of erysipelas with sufficiently high accuracy.

Research limitations/implications: The study is limited to the database of treatment of patients diagnosed with erysipelas provided by Siberian State Medical University (SibMed). However, the results obtained can be used in the diagnosis of erysipelas in other medical institutions.

Originality/value: The work, methods were obtained to evaluate the contribution of informative features in predicting the form of erysipelas.

Key words: erysipelas, machine learning, forms of the disease, classification, informative features.

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ

И.А. Лызин¹

ORCID: 0000-0003-2827-441X e-mail: Lyzin@tpu.ru

О.Г. Берестнева^{1,2}

ORCID: 0000-0002-4243-0637 e-mail: ogb6@yandex.ru

О.В. Марухина^{1,2}

ORCID: 0000-0003-1834-9692 e-mail: marukhina@tpu.ru

Н.П. Степаненко³

ORCID: 0000-0001-6844-9208 e-mail: stepanenkonina62@bk.ru

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Национальный исследовательский Томский государственный университет

³Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства»

Система поддержки принятия решений – это интеллектуальная компьютерная программа, которая может проводить анализ, консультировать, ставить диагноз, прогнозировать процесс лечения и его результат. Построение системы поддержки принятия решений является комплексной задачей на переднем плане в которой выходит формирование базы знаний. База знаний составляет основу для обеспечения поддержки принятия решений с учетом специфики пациента что в итоге дает возможность специалистам принимать своевременные решения в момент оказания медицинской помощи, сокращая при этом количество ошибок. При формировании базы знаний использовались данные предоставленные НИИ Курортологии и физиотерапии г. Томска по лечению детей и подростков, страдающих избыточным весом. Предоставленная база включает 276 пациентов, поделенных на 5 групп (в зависимости от примененной методики лечения). Обработка выборки осуществлялась с использованием Python.

Ключевые слова: база знаний, DataMining, многомерные данные, восстановление данных, анализ.

FORMATION OF A KNOWLEDGE BASE FOR A MEDICAL DECISION SUPPORT SYSTEM

I.A. Lyzin, O.G. Berestneva, O.V. Marukhina

National research Tomsk, polytechnic university

N.P. Stepanenko

Federal state budgetary institution “Siberian federal scientific and clinical center of the federal medical and biological agency”

Purpose: Formation of a knowledge base for a medical decision support system based on data mining methods to improve the effectiveness of diagnosis and treatment of patients

Design / methodology / approach: When forming the knowledge base, methods of data mining, methods of nonparametric and parametric statistics were used for preliminary processing and analysis of medical data (including cluster and factor analysis, methods of visual analytics). The construction of associative rules for finding relationships between the patient's condition and the complex therapeutic measures. In addition, data processing was carried out, as a result, which abnormal values were analyzed, missing values in the original data set were processed.

Findings: As part of the study, a knowledge base was formed for a medical decision support system for choosing the trajectory of treatment of overweight children. A scheme of preliminary processing and analysis of clinical data has been formed.

Research limitations/implications: The study is limited to the database of treatment of overweight patients provided by the Scientific Research Institute of Balneology and Physiotherapy of Tomsk. The results obtained can be used in the treatment of obesity in other medical institutions.

Originality/value: A unified conceptual scheme is proposed for the formation of knowledge bases of decisions on the choice of the treatment trajectory. For the first time, a knowledge base on the treatment of children with obesity problems has been formed.

Key words: knowledge base, Data Mining, multidimensional data, data recovery, analysis.

ЭМПИРИЧЕСКИЙ КРИТЕРИЙ КАЧЕСТВА КЛАССИФИКАТОРОВ В МНОГОМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИЗНАКОВ

А.О. Гурина^{1,2}

ORCID: 0000-0003-1209-7324 e-mail: asya.gurina001512@yandex.ru

В.Л. Елисеев^{1,2}

ORCID: 0000-0002-9341-7475 e-mail: vlad-eliseev@mail.ru

¹Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

²АО «ИнфоТеКС», г. Москва

Рассматривается проблема оценки качества классификаторов в многомерном пространстве признаков, имеющем число измерений более трёх. Обучение классификатора на данных высокой размерности увеличивает риск, как переобучения, так и недообучения, что приводит к непредсказуемым результатам классификации. Результат обучения классификаторов в таком пространстве не поддается интерпретации и визуализации, поскольку проверка соответствия областей классов из обучающего набора и областей, ассоциированных с классами после обучения, затруднена. Отсутствие такой проверки не позволяет оценить уязвимость классификатора к ложным срабатываниям в случае переобучения и к состязательным атакам в случае недообучения. Для решения этой проблемы ранее был введен новый критерий качества, включающий четыре метрики (EDCA). В работе продемонстрировано применение критерия качества классификаторов EDCA на общедоступном наборе данных высокой размерности.

Ключевые слова: показатели качества, точность обучения, классификация, искусственные нейронные сети, машинное обучение, многомерное пространство признаков, состязательные атаки

EMPIRICAL CRITERION OF CLASSIFIER QUALITY IN A MULTIDIMENSIONAL FEATURE SPACE

A.O. Gurina^{1,2}, V.L. Eliseev^{1,2}

¹National research university «Moscow power engineering institute»

²JSC InfoTeCS, Moscow

Purpose: This article notes the problems of classifier quality assessment in a multidimensional space. The quality criterion for constructing classifiers resistant to false positives and adversarial attacks in a high-dimensional space is proposed.

Design/methodology/approach: The proposed criterion is based on the discrete estimation of data volumes in the feature space. The criterion includes four quality characteristics: Approx, Excess, Deficit, Coating. Characteristics are calculated for each class. For this, we estimate the volume of class from the training set and the volume of data associated with this class in feature space after training the classifier. Thus, the criterion allows us to evaluate the correspondence of the training set and the data set recognized by the trained classifier in the feature space.

Findings: The new criterion of classifiers quality is proposed and tested on the example of the public dataset of high dimension.

Research limitations/implications: The algorithm for calculating the characteristics of Approx, Excess, Deficit, Coating in the case of high dimensionality is associated with high requirements for RAM. Memory requirements increase with the number of functions. Further research will be aimed at eliminating dimensional constraints.

Originality/value: The quality criterion of classifiers is new. The criterion can be applied to check the correspondence of the partition of the feature space by the training set and the partition of the feature space by the trained classifier. Methods for obtaining such an estimate in a high-dimensional space are unknown. Based on the obtained estimates and criteria, it is possible to draw conclusions about the quality of the classifier, as well as to select parameters for constructing the best classifier. The EDCA criterion is designed to synthesize classifiers resistant to false positives and adversarial attacks in a high-dimensional space. The reported study was funded by RFBR according to the research project № 20-37-90073.

Keywords: quality characteristics, learning accuracy, classification, artificial neural networks, machine learning, multidimensional feature space, adversarial attacks

Задача классификации является одной из классических задач, для решения которых на практике применяют аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС). В последние годы исследователями было предложено и реализовано множество разнообразных архитектур нейросетевых классификаторов, в том числе основанных на глубоких нейронных сетях. Однако вопросы обоснованного выбора той или иной архитектуры и формальной оценки сложности нейронной сети, требуемой для решения задачи, в каждом конкретном случае остаются открытыми. Обоснованный выбор архитектуры и оценка необходимой сложности нейронной сети в конкретном случае позволят экономить время и вычислительные мощности при решении задач классификации. В статье проводится аналитический обзор архитектур искусственных нейронных сетей, используемых для решения задач классификации. Анализируется степень формализации подходов, используемых для синтеза архитектур глубоких ИНС. Рассматриваются основные области применения нейросетевых классификаторов. Делаются выводы о виде наиболее подходящих задач, для которых возможна разработка обоснованных методов синтеза архитектуры ИНС.

Ключевые слова: архитектура искусственных нейронных сетей, задача классификации, многослойный перцептрон, сверточные нейронные сети, глубокие нейронные сети.

OVERVIEW OF METHODS FOR THE SYNTHESIS OF NEURAL NETWORK CLASSIFIERS ARCHITECTURE

S.V. Kolpinskiy^{1,2}, V.L. Eliseev^{2,1}

¹National research university «Moscow power engineering institute»

²JSC InfoTeCS, Moscow

Purpose: This article provides an analytical review of artificial neural network architectures used for the solution of various classification problems.

Design/methodology/approach: The classification problem is one of the classical problems for which artificial neural networks are applied in practice. In recent years, researchers have proposed and implemented many different architectures of neural network classifiers, including highly developed deep neural networks. However, the problems of the reasonable choice of a particular architecture and the formal estimation of the neural network complexity required to solve an exact classification task are still open in each case.

Findings: The review consists of a taxonomy and a descriptive classification of the modern neural networks architectures and their subparts.

Research limitations/implications: The article provides a review of the most important neural network architectures and their informal description.

Originality/value: A reasonable architecture choice and an estimation of the necessary neural network complexity when solving a specific task will save time and computing power when solving classification problems.

Keywords: artificial neural network architecture, classification problem, multilayer perceptron, convolutional neural networks, deep neural networks.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЕТИ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ

В.Л. Елисеев

ORCID:0000-0002-9341-7475 e-mail:vlad-eliseev@mail.ru

В.В. Щербаков

ORCID:0000-0002-4327-2976 e-mail:vitya.shcherbakov@gmail.com

Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

Современные криптографические алгоритмы, играющие большую роль в технологиях защиты информации, потенциально могут быть скомпрометированы с помощью эффективных квантовых компьютеров, появление которых ожидается в ближайшем будущем. Технология квантового распределения ключей (КРК) лишена этого недостатка и может стать решением сложившейся проблемы. Однако, сети КРК обладают рядом важных особенностей. Так, в частности, такие сети состоят из доверенных промежуточных узлов (ДПУ), участвующих в передаче применяемых для шифрования данных секретных ключей, которые вырабатываются с использованием квантовых эффектов. Генерация ключей на сегментах происходит с переменной интенсивностью, что отражается на производительности и эффективности сети. Определение применимости тех или иных алгоритмов маршрутизации и пропускной способности сегментов и участков сети при ее различных конфигурациях представляют отдельный исследовательский интерес, поэтому для проведения задач исследования работы сети КРК была разработана модульная система моделирования на основе подхода систем массового обслуживания. Данный подход является наиболее близким к реальному применению сети, обеспечивая имитацию потока заявок от шифраторов на обслуживание сетью КРК. Модульность системы заключается в разбиении модели на несколько взаимодействующих частей, моделирующих конкретные аспекты сети — ее топологию, маршрутизацию, вычисление метрик, порядок обслуживания очереди заявок и непосредственно имитирующую пользовательские запросы часть, что позволит изучить влияние того или иного параметра на состояние моделируемой сети.

Ключевые слова: квантовое распределение ключей, квантовая сеть, маршрутизация, система моделирования, прикладное программное обеспечение

DEVELOPMENT OF QUANTUM KEY DISTRIBUTION NETWORK MODELING SOFTWARE

V.L. Eliseev, V.V. Shcherbakov

National research university «Moscow power engineering institute»

Purpose: The article describes applicability of queueing theory approach in quantum key distribution (QKD) network modeling software both with possible usage of this software in QKD network researches including quantum link throughput and various routing algorithms efficiency analysis.

Design / methodology / approach: The paper explains modular QKD network modeling software structure employing closely tied to it object-oriented programming paradigm. With support of inheritance and polymorphism comes ability to fine-tune the modules, each representing separate QKD network aspect, allowing to flexibly setup various network instances. Aforementioned features are providing suitable conditions for experimenting with usage of modules with distinct policies, including queueing, request generating imitation, network topology, quantum key generation models and pathfinding algorithms.

Findings: Provided software product is capable for QKD network simulation and can be used in scientific and engineering researches or for educational purposes.

Research limitations/implications: Presented article is aimed to be a starting point for more detailed and thorough research works in field of QKD networking simulation.

Originality/value: QKD networks are considered to be a possible answer to approaching quantum computer advent, which may render many of classic cryptographic ciphers unreliable. Further researches in this field will follow, and presented QKD modeling tool is the first of such kind.

Keywords: quantum key distribution, quantum network, routing, modeling system, software application

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА МНОГОПОТОЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ПО БАЗЕ ЗНАНИЙ ИЗ МОЛИНГ

Д.И. Киров

ORCID: 0000-0003-2333-5826 e-mail: dikirov@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе рассмотрены ряд подходов к организации вычислений алгоритмов логического вывода (ЛВ) на базе знаний (БЗ) из молинг в интеллектуальной системе (ИС). Рассмотрены их преимущества и недостатки, ограничения и способы обхода данных ограничений. Предложен и обоснован подход к оркестрации многопоточных вычислений ЛВ с учетом необходимости соблюдения условий полной повторяемости результатов. Проведен количественный и качественный анализ подходов. Обозначены перспективные направления разработки в рамках адаптации предложенного подхода к развертыванию ИС на распределенных вычислительных мощностях.

Ключевые слова: знания, базы знаний, молинга, многопоточность, логический вывод, интеллектуальные системы.

OPTIMIZATION OF A MULTITHREADED PROCESSING APPROACH FOR LOGICAL INFERENCE ON A KNOWLEDGE BASE OF MOLINGAS

D.I. Kirov

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

Purpose: The author provides an approach for multithreaded processing that meets the specific requirements of an intelligent systems based on knowledge bases of molingas, while remaining competitive with other existing approaches performance-wise.

Design / methodology / approach: The paper considers a number of approaches to the organization of calculations for logical inference (LI) algorithms based on knowledge bases (KB) of molingas in intelligent systems (IS). Their advantages and disadvantages, limitations and ways to circumvent these limitations are considered. An approach for the orchestration of multi-threaded LI-calculations is proposed and substantiated, taking into account the need to comply with the conditions for complete repeatability of results, as an integral feature of elinga-derived IS. The proposed approach is designed accounting for the limitations of LI algorithm in use, its' iterative nature and criteria for result-culling as well, employing an adaptive task-formation mechanism for concurrent worker threads. A quantitative and qualitative analysis of the approaches was carried out. Promising directions of development are outlined within the frame of adaptation of the proposed approach to the deployment of IS on a distributed computing hardware/framework.

Findings: The paper outlines a new approach for the orchestration of multi-threaded LI-calculations. It also makes conclusions about advantages and disadvantages of existing approaches and the new one based on performance and IS-design based criteria.

Research limitations/implications: Research is limited to existing KB of a few thousand molingas, which makes true high-load testing more unavailable, leaving us to rely on extrapolation based on algorithm complexity. Nevertheless, one of the main points of the research was the development of an instrument for running the existing LI-engine in multiple concurrent threads without thread-race getting in a way, which was achieved.

Originality/value: The value of the whole paper is in the new approach for the orchestration of multi-threaded LI-calculations on a KB of molingas. This removes one of the few remaining issues before the IS that uses KB of molingas can be rolled out. The paper also notes that there is no notable drop in performance with the new approach, while all the required criteria for LI-results are fulfilled. As a conclusion the author also suggests perspective directions of development in adaptation of proposed approach to the deployment of IS on a distributed computing hardware/framework.

Key words: knowledge, knowledge bases, molinga, multithreading, logical inference, intelligent systems.

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОРТОГОНАЛЬНЫХ МНОГОГРАННИКОВ

В.А. Чеканин

ORCID: 0000-0001-9448-0583 e-mail: vladchekanin@rambler.ru

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

Использование модели потенциальных контейнеров при решении задач компоновки объектов нерегулярной формы, представленных ортогональными многогранниками, обеспечивает полное описание пространства упаковки, что позволяет выбирать наиболее подходящую область контейнера для каждого размещаемого объекта. В статье предложены алгоритмы, решающие задачу сокращения числа обрабатываемых потенциальных контейнеров при размещении ортогональных многогранников, применение которых обеспечивает качественное повышение скорости геометрического конструирования пространства упаковки. Представлены результаты проведённых вычислительных экспериментов на задачах упаковки трёхмерных объектов нерегулярной формы, подтверждающие эффективность разработанных алгоритмов. Предложенная оптимизация модели потенциальных контейнеров делает возможным повышение степени детализации размещаемых ортогональных многогранников для получения более плотной компоновки в разумное время.

Ключевые слова: компоновка объектов нерегулярной формы, задача упаковки, модель потенциальных контейнеров, ортогональный многогранник

OPTIMIZATION OF THE MODEL OF POTENTIAL CONTAINERS TO INCREASE THE SPEED OF PLACEMENT OF ORTHOGONAL POLYHEDRONS

V.A. Chekanin

Moscow state university of technology «STANKIN»

Purpose: Development of algorithms that provide a qualitative increase in the speed of placement of orthogonal polyhedrons when using the model of potential containers to describe placement schemes.

Design / methodology / approach: The proposed algorithms are based on reducing the number of potential containers processed when placing objects of complex shape represented by orthogonal polyhedrons. An optimized algorithm for updating a set of potential containers describing the free space of the package solves the problem of determining the areas that will remain unchanged in the container after placing an orthogonal polyhedron, based on the intersection operation applied to the original set of potential containers and the set of potential containers formed in an empty container after placing the considered object. An additional increase in the speed of the model of potential containers is achieved by removing potential containers that cannot be used to place new objects in all possible orientations.

Findings: The developed algorithms make it possible to significantly increase the speed of placement of orthogonal polyhedrons. It is shown that with an increase in the number of objects placed using the proposed algorithms, the time spent on placing one object is reduced.

Research limitations/implications: Optimization of the model of potential containers makes it possible to place orthogonal polyhedrons specified with a higher degree of detail in a reasonable time to obtain a denser layout of objects.

Originality/value: The algorithms proposed in the article make it possible to qualitatively increase the speed of placement of geometrically complex objects when solving a number of time-consuming packaging problems, in particular, designing the layout of aircraft equipment, generating optimized placement of parts on a 3D printer platform.

Key words: irregular layout problem, packing problem, model of potential containers, orthogonal polyhedron.

АЛГОРИТМ РЕДУКЦИИ И РЕШЕНИЯ КВАДРАТИЧНОЙ ЗАДАЧИ О НАЗНАЧЕНИЯХ

М.А. Быкова

ORCID: 0000-0002-1968-0128 e-mail: pankratova_margarita@mail.ru

Н.А. Хлопцев

ORCID: 0000-0003-3915-7745 e-mail: augustinmay@yandex.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Квадратичная задача о назначениях до сих пор является актуальной задачей среди NP-трудных задач: она нашла множество применений в различных областях логистики, электронной индустрии химии. Уже при размерностях больше 20, задача считается трудноразрешимой. В связи с этим разумно уменьшать размерность задач алгоритмами редукции. В статье приводится разработанный алгоритм редукции, эволюционно-генетический алгоритм, поиск с запретами, а также ряд алгоритмов локального поиска для квадратичной задачи о назначениях. Алгоритм редукции представляет собой преобразование входных данных: попарное “схлопывание” индексов двух входных матриц. Была исследована зависимость выбора принципа “схлопывания” и качества решения. Алгоритм редукции позволяет уменьшить размерность задач в 2^n раз. За основу эволюционно-генетического алгоритма и поиска с запретами была взята бинарная кодировка. Методы локального поиска включают следующие: метод, основанный на алгоритме редукции, а также метод, основанный на 2-опт алгоритме, обычно применяемом для задачи Коммивояжера. Тесты для двух алгоритмов проводились на публичных примерах библиотеки QAPLIB. Стоит также отметить, что удалось найти решение, близкое к оптимальному для задачи с максимально доступной размерностью (256) из библиотеки QAPLIB. Отрыв от известного решения составил 3.5%.

Ключевые слова: редукция, квадратичная задача о назначениях, эвристические алгоритмы

ALGORITHM FOR REDUCTION AND SOLUTION OF THE QUADRATIC ASSIGNMENT PROBLEM

M.A. Bykova, N.A. Khloptsev

Nizhniy Novgorod state university n.a. N.I. Lobachevskiy

Purpose: The article is devoted to research two algorithms for the quadratic assignment problem: the reduction algorithm and the solution algorithm.

Design/methodology/approach: The approach for the reduction algorithm consists of representing each pair of two indexes in an input matrix as one index. The solution algorithm consists of solving the reduced problem via evolutionary-generic algorithm and tabu-search algorithm, then translating solutions for the initial problem and applying local search methods (one is based on the reduction algorithm the other is based on the 2-opt algorithm).

Findings: The reduction and solution algorithms combined showed good results, which lead to solutions close to known solutions. The execution time is sufficient for the largest problem available at QAPLIB with relative gap between the found solution and the best feasible solution being 3.5%.

Research limitations/implications: The present article provides a starting-point for further possible research in the solution algorithm.

Originality/value: The reduction algorithm allows to reduce the size of the quadratic assignment problem, which in turn allows to solve large problems as fast as smaller ones.

Keywords: reduction, quadratic assignment problem, heuristic algorithms

МЕТОДЫ АНАЛИЗА И КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ПРОФОРИЕНТАЦИИ С УЧЕТОМ НЕЯВНЫХ СТРУКТУР И СМЕШАННОСТИ ТИПОВ

Ю.С. Тарасова

ORCID: 0000-0003-4770-9431 e-mail: tar06@list.ru

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет

В.В. Андреев

ORCID: 0000-0002-7557-352X e-mail: vyach.andreev@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Автоматизированная классификация изображений по выделенным типам в зависимости от наличия/отсутствия характерных искомых структур имеет огромное значение в повышении точности процесса профориентационного тестирования. Точность классификации способствует наиболее эффективной подготовке кадров, что является одним из существенных факторов снижения вероятности возникновения чрезвычайной или аварийной ситуаций, в частности – в инженерно-технической сфере, где человеческий фактор может стать причиной техногенной катастрофы. В статье рассматриваются автоматизированные профориентационные методики как элементы системы поддержки принятия решения, их достоинства и недостатки; нейросетевой и фильтрационный классификаторы как инструменты распознавания искомых структур (как явных, так и неявных), а также проблемы и перспективы процесса оптимизации и автоматизации методики профориентационного тестирования «Ассоциативное цветовое пространство» через программный комплекс ColourUniquePro.

Ключевые слова: поддержка принятия решения, классификация, нейросеть, фильтрация, профориентация

METHODS OF IMAGE ANALYSIS AND CLASSIFICATION IN CAREER GUIDANCE, TAKING INTO ACCOUNT IMPLICIT STRUCTURES AND MIXED TYPES

I.S. Tarasova, V.V. Andreev

Nizhny Novgorod state university of architecture and civil engineering, Nizhny Novgorod

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

Purpose: The paper discusses the problem of identifying implicit structures and improving the accuracy of image classification in career guidance

Design/methodology/approach: For obtain the images, was used a quasi-spatial model like a part of the ColuorUniqueM software module. Part of the data obtained was used for training and validation during the development of a neural network classifier based on the architectures of three convolutional neural networks, another part of the data was classified using a filtering algorithm implemented by the «sliding window» method. The remaining part of the data was classified by using a «hybrid» classifier, that is, by jointly interpreting the classification results by a neural network classifier and a classifier based on a filtering algorithm.

Findings: The accuracy of machine classification has been improved, the process of collecting and analyzing data (images) has been automated, a series of experiments has been conducted for various types of tasks, such as optimization, classification, analysis of implicit structures, machine differentiation of subtypes, classification of mixed types.

Research limitations/implications: The research is limited by the diversity of the sample groups, and there is also a need to expand the classification criteria, in particular, a more detailed analysis of color characteristics.

Originality/value: The value of the research presented in the article consists in automating the methodology of career guidance testing, which allows generating unique images by working with a quasi-spatial model of the subject, which allows analyzing the individual characteristics of the individual's work with the color and structure of the quasi-space.

Key words: decision support, classification, neural network, filtering, career guidance

ПОСТРОЕНИЕ R*-ДЕРЕВА НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗ GDSII ФАЙЛА

А.О. Семенов

ORCID: 0000-0002-1556-7988 e-mail:arttem_semenov_1997@mail.ru

А.А. Штанюк

ORCID: 0000-0003-1809-7173 e-mail:ashtanyuk@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время топологии интегральных схем становятся все более сложными: уменьшаются размеры элементов, увеличивается количество элементов и связей между ними. Количество элементов в топологиях ИС может достигать миллиардов, что затрудняет их анализ на стадиях проектирования и разработки. Особое внимание уделяется проблеме производительности операций навигации по топологии ИС. В данной статье приведен алгоритм трансформации геометрических данных из GDSII файла в R*-дерево. Данный вид деревьев хорошо зарекомендовал себя в индексации многомерной информации, такой как прямоугольники, географические координаты, или же полигоны. Это позволяет просто и быстро выполнять различные навигационные задачи и получать необходимую информацию об элементах.

Ключевые слова: GDSII, топология интегральных схем, ИС, анализ, алгоритм, R*-дерево.

BUILDING R*-TREE BASED ON GEOMETRIC DATA FROM GDSII FILE

A.O. Semenov, A.A. Shtanyuk

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

Purpose: Development of an algorithm for solving the problem of navigation through the geometric elements of GDSII files.

Design / methodology / approach: It is proposed to construct R*-trees from the geometric elements of GDSII files. The key idea behind the data structure is to group nearby objects and represent them with a minimum bounding rectangle (MBR) at the next higher level of the tree. Since GDSII data has a hierarchical structure, it is necessary to flatten the structure before converting the data to an R*-tree. This conversion is necessary because it is not possible to create a balanced tree from the hierarchical structure of a GDSII file.

Findings: A new algorithm for the analysis of topologies of integrated circuits is proposed. This algorithm allows to quickly obtain data on the GDSII geometric elements in the selected area, determine nearby objects to the selected point, and other navigation tasks.

Research limitations/implications: This algorithm can be applied to any hierarchy in GDSII files, but it is inappropriate to use algorithm for searching elements in areas with multiple overlap. This operation will require much more time and computational resources.

Originality/value: The developed algorithm allows you to search for GDSII geometric elements along a given trajectory in a relatively short period of time— $O(\log n)$, and with 100% accuracy. This artifact simplifies the design and analysis of integrated circuit layouts. The obtained data can be used for further research, for example, for intersection. In this case the analysis of all elements of the GDSII file will not be needed and therefore will take less time computational resources.

Key words: GDSII, integrated circuit topology, IC, analysis, algorithm, R*-tree.

ПРИМЕНЕНИЕ МИВАРНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

О.В. Кривошеев

ORCID:0000-0002-9987-591X e-mail: OLvkrivosheev@rosatom.ru

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

Системный анализ описаний задач объемного планирования, объемно-календарного планирования и сменно-суточного планирования показал, что они могут быть формализованы и описаны в формате миварных сетей «объекты, правила», представляющих собой двудольные ориентированные графы. Возможность создания таких миварных моделей знаний обоснована тем, что подобные задачи были описаны и успешно решены для планирования действий киберфизических систем, автомобилей, различных роботов и робототехнических комплексов различного назначения и базирования. «Разуматор» представляет собой новый механизм «без переборного» логического вывода на миварной базе знаний с линейной вычислительной сложностью. На основе миварных технологий логического искусственного интеллекта и методов оптимального планирования распределения ресурсов в сетевых канонических структурах разработан новый миварный алгоритм решения задач управления, принятия решений и обработки информации для своевременного распределения ресурсов производственных систем в условиях неполноты данных.

Ключевые слова: мивар, миварные сети, машиностроительный искусственный интеллект, экспертная система, MOGAN, MIPRA, КЭСМИ, Wi!Mi, Разуматор, Большие знания, распределение ресурсов производственных систем.

MIVAR ALGORITHM FOR SOLVING PROBLEMS OF RESOURCE ALLOCATION OF PRODUCTION SYSTEMS

O.V. Krivosheev

Federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-russian scientific-research institute of experimental physics»

A systematic analysis of the descriptions of the tasks of volumetric planning, volumetric-calendar planning and shift-daily planning showed that they can be formalized and described in the format of mivar networks "objects, rules", which are bipartite oriented graphs. The possibility of creating such mivar knowledge models is justified by the fact that such tasks have been described and successfully solved for planning the actions of cyber-physical systems, cars, various robots and robotic complexes for various purposes and bases. "Razumator" is a new mechanism for "no-nonsense" logical inference on a mivar knowledge base with linear computational complexity.

On the basis of mivar technologies of logical artificial intelligence and methods of optimal planning of resource allocation in network canonical structures, a new mivar algorithm for solving management problems, decision-making and information processing has been developed for the timely allocation of resources of production systems in conditions of incomplete data.

Keywords: mivar, mivar networks, mechanical engineering artificial intelligence, expert system, MOGAN, MIPRA, DSS, Wi!Mi, Razumator, decision support system, Big knowledge, resource allocation of production systems of enterprises.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ ОСД

А.С. Макаров

ORCID: 0000-0002-4468-7161 e-mail: alexmakjob@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В работе предложен алгоритм оценки контента с помощью модели знаний ОСД. Оценка позволяет найти более эффективные факторы влияющие на систему, даёт возможность улучшения или удаления ненужных элементов системы. При наличии коллекции проектных планов оценка может служить фактором ранжирования, которая позволит выбрать лучшую альтернативу для реализации. В исследовании производилась преобразование контента в сеть ОСД для последующего расчёта эмоционального коэффициента. Для получения дополнительных данных использовался метод экспертной оценки. Проведён количественный и качественный анализ существующих алгоритмов с целью определения их достоинств и недостатков. В статье рассматривается исследование прогнозирования успешности контента с помощью знаний ОСД.

Ключевые слова: анализ текстов, искусственный интеллект, модели знаний, анализ медиаконтента, экспертная система.

ANALYSIS OF THE QUALITY OF R-PEAK DETECTORS
IN ECG SIGNAL IN THE REAL-TIME MODE

A.S. Makarov

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

Purpose: The article is devoted to the study of an ability of research with the help of the OPA model.

Design / methodology / approach: The article deals with the content characteristics before its creation. The author proposes transformation of the content into an OPA network and then to conduct an expert survey and calculate the emotional coefficient. This metrics can help a company to choose the best project plan and save the company's expenses.

Findings: An ability of the usage of emotional coefficient is also present in the article.

Research implications: The emotional coefficient can't be a reliable assessment of the potential profitability of content because it does not have an option of predicting external systems factors.

Originality: Such emotional coefficient lets estimate OPA network, textual or visual content at the development stage. Evaluation lets you find more effective factors affecting the system, makes it possible to identify or remove unnecessary elements from the system itself. A collection of project plans, the emotional coefficient score can serve as a ranking factor to select the best alternative to implement. Collection of project plans and the evaluation of the emotional coefficient can serve as a ranking factor that will allow you to choose the best alternative for implementation. Forecasting using OPA lets you get an initial assessment at the product development stage which significantly saves the company's expenses. Analysts no longer need to spend their time on developing evaluation criteria. To add to this, the probability of choosing the wrong method or lack of the necessary criteria disappear. The OPA network can serve as a language for describing or developing which can let see the evaluation of the proposed solutions.

Key words: text analysis, artificial intelligence, knowledge models, media content analysis, expert system.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ПОМОЩЬЮ ОСД ОНТОЛОГИИ

А.С. Макаров

ORCID: 0000-0002-4468-7161 e-mail: alexmakjob@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Интеллектуальные системы помогают человеку в большом количестве сфер человеческой жизни. Однако человеку иногда сложно найти в информационной системе нужную информацию или функциональность. Решением такой проблемы занимается подсистема рекомендаций. Данная система прогнозирует релевантность контента на базе поведенческих данных человека. В статье рассматривается аналитическое сравнение существующих рекомендательных систем с рекомендательной системой, основанной на ОСД онтологии. Также раскрываются недостатки существующих систем. ОСД аббревиатура означает: О – объект, С – свойство, Д – действие. ОСД – модель знаний, описывает взаимодействие объектов в системе. Данная онтология позволяет описывать, как текстовые данные, так и визуальные, что даёт возможность гибкого использования. ОСД онтология может организовывать подход коллаборативной фильтрации item based, делая прогноз на базе опыта, а также реализовать подходы content-based и knowledge-based. Особое внимание уделено рекомендательной системе: описаны алгоритмы и принципы работы. Так как ОСД онтология удовлетворяет классическому определению системы, такой взгляд на проблему рекомендательных систем будет интересен специалистам в области искусственного интеллекта.

Ключевые слова: рекомендательная система, искусственный интеллект, модели знаний.

RECOMMENDER SYSTEM USING OPA ONTOLOGY

A.S. Makarov

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

Purpose: The article is devoted to an analytical comparison of recommender people and an overview of the recommender system based on the OPA ontology.

Design / methodology / approach: The article provides an analytical overview of existing systems. For each type of recommender system, the disadvantages and advantages of such approaches are formulated. For a recommender system based on the ontology of the OPA, algorithms are described and an analytical review is made.

Findings: The advantages of a recommender system based on the OPA ontology are determined.

Research implications: The advantages of a recommender system based on the OPA ontology are determined. Development of work algorithms for a recommender system based on OPA ontology.

Originality: The originality of the work is due to the description and formation of the idea of using the OPA ontology for recommender systems. As a result of the analytical review, it was found that such a system has a number of advantages over existing approaches, one of which is the ease of implementation in other systems. Particular technical advantages are: ease of use of OPA ontology, accounting for behavioral factors, ease of calculation, personalized recommendations, a small amount of data to work with, the system takes into account the shown content recommendations.

Key words: recommender system, artificial intelligence, knowledge models.

СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

П.С. Кулясов

ORCID: 0000-0001-7793-2891 e-mail: p.kulyasov@gmail.com

П.В. Мисевич

ORCID: 0000-0002-7254-0079 e-mail: p_misevich@mail.ru

Е.Н. Панкратова

ORCID: 0000-0002-5009-9315 e-mail: keibusan@gmail.com

В.П. Хранилов

ORCID: 0000-0003-1317-5320 e-mail: hranilov@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе описываются основные направления развития интеллектуализации автоматизированных систем. Предлагается классификационная система, которая состоит из двух уровней иерархии. На первом уровне позиционируются системы, которые основаны на аппарате искусственного интеллекта и ориентированы на решения задач в различных предметных областях. Развитие таких систем приводит к созданию программно-аппаратных комплексов – автоматизированных систем. Рост сложности инструментариев автоматизации решения задач в предметных областях приводит к необходимости создания специализированных систем, которые автоматизируют их создание и поддерживают в последующих этапах жизненного цикла. В рамках тренда интеллектуализации информационных технологий в основе этих инструментариев так же лежит аппарат искусственного интеллекта, и они решают задачи поддержки работы автоматизированных систем. Предлагается объединить эти инструментарии во второй – высший уровень иерархии классификационной системы. В качестве примера рассматривается динамическая модель функционирования систем второго уровня, которые построены на сценарно-ситуационном подходе.

Ключевые слова: автоматизированные системы, фреймовая модель, семантические сети, интеллектуальная поддержка, агентный подход.

THE INTELLIGENT AUTOMATED SYSTEMS FOR SUPPORTING AUTOMATED SYSTEM

P.S. Kulyasov, P.V. Misevich, E.N. Pankratova, V.P. Khranilov

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

The report describes the main trends of the IT intellectualization. A new two levels classification system is proposed. It is used for describing the intelligent system classes. The low level consolidates the intelligence systems for solving specific problems in various subject areas. The development of the systems leads to the creation of software and hardware complexes – automated systems. The increasing complexity of automation tools for solving problems in various subject areas leads to the development of specialized systems.

The intelligent specialized systems are situated on the high level of the classification system. At the level, the systems use artificial intelligence for supporting the automated systems during the life cycle. The design stage is supported by CAD systems. At the operational stage, automated systems support the processes in various subject areas. They are the following: monitoring systems, statistical collection systems, systems for supporting automated system operating.

The intellectual supporting systems for the resource allocation process are consolidated in a particular class in the high-level intelligent systems. The intelligent support systems for supporting scenarios in the automated system are consolidated in a separate class of intelligent support systems. The dynamic model of the functioning of the high-level systems is described. The model is used as an example of high-level intelligent systems.

Keywords: automated systems, frame model, semantic networks, intellectual support, agent system.

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОСТЬЮ КОМПОНЕНТОВ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

С.В. Глушков

ORCID: 0000-0001-5026-933X e-mail: glushkov-sw@yandex.ru

А.В. Соловьев

ORCID: 0000-0002-6304-9739 e-mail: solovev@rivregnn.ru

Ю.С. Федосенко

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

Волжский государственный университет водного транспорта

С позиций повышения эффективности эксплуатации речного круизного судна строится формализованная динамическая модель электроэнергетической системы (ЭС). Модель ЭС наряду с параметрами, характеризующими состояния компонентов – функциональных подсистем и отдельных устройств, также учитывает количество пассажиров на борту, актуальное время, метеоусловия и экологические ограничения района плавания, температуру в помещениях судна, а также календарную программу круиза и ряд других обстоятельств. В рамках построенной модели формируется матрица состояний модели ЭС и на основе сценарного подхода разрабатывается алгоритм управления активностью её компонентов, обеспечивающего наиболее эффективный рабочий режим электроэнергетической системы судна.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, круизное судно, матрица состояний, сценарии работы

MODEL AND ALGORITHM ACTIVITY CONTROL OF SHIP POWER SYSTEM COMPONENTS

S.V. Glushkov, A.V. Solovev, Yu.S. Fedosenko
Volga State University of Water Transport

Purpose: From the standpoint of increasing the efficiency of operation of a river cruise ship, a formalized dynamic model of its electric power system is built and an algorithm for controlling the activity of its constituent components is proposed, which provides the most efficient operating mode of the system as a whole

Design/methodology/approach: The algorithm for efficient management of the ship's electrical power system is based on a scenario approach that considers at a formalized level the number of passengers on board, the current time, weather conditions and environmental restrictions of the navigation area, the temperature in the ship's premises, as well as the cruise schedule and a number of other circumstances.

Conclusions: The paper presents a formalized description of the model and an algorithm for energy-saving control of the activity of the components of the ship's electric power system of a river cruise ship.

Limitations / conclusions of the study: Implementation of the results of the studies performed will improve the efficiency of its operation, both by reducing the volume of motor fuel use and by increasing the scheduled maintenance periods for the ship's diesel generator complex.

Originality/value: The value of the article is its practical focus on creating a theoretical basis for the development, mass production and implementation of digital means of energy-saving control of the activity of the components of the electric power systems of river vessels. The widespread regular use of such systems on river transport vessels of the Russian Federation will contribute, among other things, to improving the environmental situation in the navigable regions of the rivers of the Russian Federation.

Key words: electric power system, cruise ship, state matrix, work scenarios.

МЕХАНИЗМЫ ВНИМАНИЯ В НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЯХ СИНТЕЗА РЕЧИ

К.И. Абросимов

ORCID:0000-0001-9262-0474e-mail:abrosimov.kirill.1999@mail.ru

С.В. Рыбин

ORCID:0000-0002-9095-3168e-mail:svrybin@itmo.ru

Национальный исследовательский университет ИТМО

В работе рассматриваются специальные механизмы внимания в нейронных сетях для задачи синтеза речи. При использовании обычного механизма внимания встречаются такие ошибки, как коллапс внимания, повторение или пропуск слов, что ограничивает возможность использования данного механизма для более широкого применения. Для повышения надежности систем синтеза речи были предложены такие механизмы внимания, как *stepwisemonotonicattention*, *GMMattention*, *dynamicconvolutionalattention*. *Stepwisemonotonicattention* добавляет жесткость при просмотре на изначальный набор символов при генерации очередного фрейма мел-спектрограммы. *GMMattention* – внимание, основанное исключительно на местоположении между последовательностями, которое использует ненормированную смесь гауссиан. *Dynamicconvolutionalattention* относится к семейству механизмов внимания, основанных на энергии с нормализацией. Для эксперимента был обучен Tacotron 2 на датасете LJ-Speech на обычном (мягком) механизме внимания и *stepwisemonotonicattention*. *GMMattention* и *dynamicconvolutionalattention* были проанализированы с помощью сторонних экспериментов.

Ключевые слова: синтез речи, нейронные сети, механизмы внимания, глубокое обучение.

MECHANISMS OF ATTENTION IN NEURAL NETWORK MODELS OF SPEECH SYNTHESIS

K.I. Abrosimov, S.V. Rybin

National research university ITMO

Purpose: Analysis of attention mechanisms in neural networks for the task of speech synthesis.

Design / methodology / approach: To improve the robustness of speech synthesis systems, attention mechanisms such as stepwise monotonic attention, GMM attention, dynamic convolutional attention have been proposed. Stepwise monotonic attention adds rigidity when viewing the initial set of characters when generating the next frame of the mel spectrogram. GMM attention is attention based solely on the location between sequences, which uses an unnormalized mixture of Gaussians. Dynamic convolutional attention belongs to the family of attention mechanisms based on energy with normalization. For the experiment, Tacotron 2 was trained on the LJ-Speech dataset on the usual (soft) attention mechanism and stepwise monotonic attention. GMM attention and dynamic convolutional attention were analyzed using third-party experiments.

Findings: After conducting an experiment, it turned out that stepwise monotonic attention allows you to synthesize speech more accurately than soft attention. External experiments have shown that other specialized attention mechanisms allow avoiding errors of speech synthesis systems.

Research limitations/implications: The present article provides a starting-point for further research in the field of robust speech synthesis systems.

Originality/value: The value of the article lies in the experimental comparison of attention mechanisms in neural networks for the task of speech synthesis.

Key words: speech synthesis, neural networks, attention mechanisms, deep learning.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ДИАРИЗАЦИИ В АУДИОАНАЛИТИКЕ

Т.В. Львутина¹

ORCID:0000-0002-2061-8858 e-mail:tat.lvutina@mail.ru

К.И. Абросимов²

ORCID:0000-0001-9262-0474e-mail:abrosimov.kirill.1999@mail.ru

А.С. Суркова¹

ORCID:0000-0003-0018-9053 e-mail:ansurkova@yandex.ru

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²Национальный исследовательский университет ИТМО

В докладе проводится количественный и качественный анализ, а также экспериментальное сравнение существующих алгоритмов диаризации с целью определения их достоинств и недостатков. Диаризация представляет из себя процесс разделения входного аудиосигнала на сегменты в соответствии с определением личности диктора. Для проведения экспериментов реализованы два метода детектора речевой активности (VoiceActivityDetection, VAD): метод, основанный на кратковременных (short-term) признаках и метод на основе MFCC (Mel-frequencySpectralCoefficients). В рамках векторного представления использована модель гауссовых смесей, обученная на относительно большом количестве голосовых данных (GaussianMixtureModelUniversalBackgroundModel, GMM-UBM) и алгоритм MAP адаптации (Maximum A-PosterioriAdaptation), векторное представление на основе частоты основного тона, эмбединги диктора на основе LSTM. Для кластеризации применен алгоритм спектральной кластеризации. Для оценки качества решения задачи диаризации использована метрика DER (DiarizationErrorRate). Данная метрика показывает, какая часть аудиофрагмента определена неверно. Эксперименты проводились с аудиофрагментами, в которых отсутствует и присутствует шумление, а также с аудиофрагментами, которые содержат реальные разговоры людей.

Ключевые слова: диаризация, алгоритмы VAD, mapadaptation, GMM, частота основного тона, embedding диктора, LSTM.

ANALYSIS OF DIARIZATION METHODS AND ALGORITHMS IN AUDIO ANALYTICS

T.V. Lvutina¹, K.I. Abrosimov², A.S. Surkova¹¹ Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev²National Research University ITMO

Purpose: In this article, an experimental comparison of diarization algorithms is made.

Design / methodology / approach: Two VAD methods are implemented for conducting experiments – based on short-term signs and based on MFCC. Within the framework of vector representation - GMM-UBM and the map adaptation algorithm, vector representation based on the pitch frequency, speaker embeddings based on LSTM. The spectral clustering algorithm is used for clustering. To assess the quality of solving the diarization problem, the DER metric (Diarization Error Rate) is used. Testing is performed with an audio fragment in which there is no noise, as well as with audio fragments that contain a real conversation of people.

Findings: Performing an experiment on an audio file that contains a real conversation of people, it turned out that GM and map adaptation show worse results than embedding based on STM.

Research limitations/implications: The present article provides a starting-point for further research in the field of diarization.

Originality/value: The value of the article lies in the experimental comparison of diarization algorithms.

Key words: diarization, VAD algorithms, mapadaptation, GM, pitch frequency, speaker embedding, LSTM.

**ГРАФИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СИНТАКСИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ
В АСПЕКТЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТИЛИСТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
(ПРОСТОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ)**

А.В. Синелева

ORCID: 0000-0001-9926-9760 e-mail: sinstasi@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В докладе представлен фрагмент алгоритма моделирования простых предложений и их графического представления в аспекте определения параметров простого предложения, которые должны рассматриваться при описании авторского и функционального стиля и которые могут выступать в качестве дифференцирующих. Метод интерпретации синтаксических единиц, репрезентирующих предложение, разработанный проф. И.П. Севбо, показывает возможности данного метода анализа и описания синтаксических конструкций. Рассматривается необходимость модернизации некоторых соглашений теории графического представления синтаксических структур, предложенной И.П. Севбо, связанная с изменением основного положения: отражения в схеме не слов, а синтаксических позиций. Это позволяет, с одной стороны, несколько упростить схему, а с другой, дает возможность отражать важнейшие типологические характеристики простого предложения.

Ключевые слова: граф, деревья зависимостей, монопредикат, односоставные предложения, простое предложение, синтаксическая категория, синтаксическая позиция, функциональный стиль.

**GRAPHIC REPRESENTATION OF SYNTAX CONSTRUCTIONS IN THE
ASPECT OF FUNCTIONAL-STYLISTIC DIAGNOSIS (SIMPLE SENTENCE)**

A.V. Sineleva

Nizhniy Novgorod state university n. a. N.I. Lobachevsky

Purpose: This article considers the need to make adjustments to the algorithm for graphical representation of syntactic structures, and proposes a change in the basic provision regarding units of the taxonomic level.

Design/methodology/approach: Refinements of the algorithm of models of syntactic structures in the form of a dependency grammar developed by I.P. Sevbo are proposed. One of the basic principles for constructing a grammar of dependencies is the provision that a sentence is built from units of a taxonomic level - word forms, while functional words are considered on a par with significant parts of speech. The article presents clarifications, primarily related to the change in units of the taxonomic level, as which it is proposed to consider not individual words, but syntactic positions, since the units of the syntactic level of the language are syntactic categories. In addition, it is proposed to remove prepositions from schemes that complicate constructions: a preposition constitutes a word form, and not a separate syntactic position, and graph nodes must correspond to syntactic positions.

Findings: A refined approach to the interpretation of syntactic structures is proposed. The new provisions make it possible to differentiate and describe the structural features of a simple sentence: a one-part sentence or a two-part sentence in terms of the severity of grammatical basis, type of a monopredicate, the presence of incompleteness, which are reflected in corresponding sentence models.

Research limitations/implications: This article contains clarifications that relate to the structure of simple uncomplicated sentences and simple sentences complicated by homogeneous members. Proposals that have such structural complications as separate definitions, circumstances and additions, introductory, plug-in constructions will be considered later.

Originality/value: The modeling of simple sentences, obtained as a result of applying a modified interpretation algorithm, is a continuation of the development of a structural direction in linguistics. Graphs built according to the refined algorithm can be used both for stylistic diagnostics and for the formation of a linguistic hypothesis regarding the features of the individual author's style.

Keywords: graph, dependency trees, monopredicate, one-part sentences, simple sentence, syntactic category, syntactic position, functional style.

**СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ
ПО МАРШРУТУ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

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

Доклад посвящен созданию системы обнаружения и распознавания дорожной ситуации, основанной на обработке входящего потока видеoinформации от встроенных в транспортные средства видеокамер. Проведено исследование современных подходов к обработке изображений и построения моделей обнаружения и распознавания образов применительно к использованию на автомобильном транспорте. Выполнен обзор существующих наборов данных (датасетов), создан датасет с реальной дорожной обстановкой г. Нижнего Новгорода, на основе которого сформированы наборы для обучения, валидации и тестирования нейросетевой модели интеллектуальной системы. Разработаны процедуры для определения объектов, встречающихся на дороге (светофоры, дорожные знаки и т.д.), а также требования к архитектуре системы распознавания дорожной ситуации. Проведено тестирование интеллектуальной системы и выполнен анализ полученных результатов. Определены перспективы дальнейшей работы над улучшением показателей системы.

Ключевые слова: информационная система, набор данных, распознавание, нейронная сеть, дорожные знаки.

**THE SYSTEM OF DETECTION AND RECOGNITION OF ROAD OBJECTS ALONG THE
ROUTE**

A.A. Korotysheva, S.N. Zhukov

Nizhniy Novgorod state university n. a. N.I. Lobachevsky

Purpose: The work is devoted to the creation of a system for detecting and recognizing a traffic situation based on processing the incoming video information stream from video cameras built into vehicles.

Design / methodology / approach: A study of modern approaches to image processing and building models for the detection and recognition of images in relation to use in road transport has been carried out.

Findings: A review of existing datasets was made, a dataset was created with the real traffic situation in Nizhny Novgorod, on the basis of which sets were formed for training, validating and testing a neural network model of an intelligent system. Procedures have been developed for determining objects encountered on the road (traffic lights, traffic signs, etc.), as well as requirements for the architecture of the traffic situation recognition system. The intelligent system was tested and the results were analyzed. The prospects for further work on improving the performance of the system are determined.

Research limitations/implications: In the future, the system will be modified to develop procedures for identifying road scenes in video information.

Originality/value: An original dataset was created based on the real traffic situation in Nizhny Novgorod for training, validation and testing of the neural network. The intelligent traffic situation recognition system contains original procedures for detecting objects encountered on the road.

Key words: information system, dataset, recognition, neural network, road signs.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ

А.А. Тищенко

ORCID: 0000-0002-3236-0874 e-mail: and.tis@mail.ru

В.Е. Гай

ORCID: 0000-0002-3644-5234 e-mail: iamuser@inbox.ru

Р.О.Баринов

ORCID: 0000-0002-0269-3205 e-mail: barinovr@list.ru

Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева

Интеграция нейронных сетей для решения задач распознавания объектов все носит массовый характер вне зависимости от класса объектов. Такой рост их использования так или иначе создаст класс методов, целью которых является нарушение их работы. Примером таких методов является, к примеру состязательные атаки, атаки одним пикселем и прочие. Путем подачи на вход сверточной нейронной сети атакующего изображения нарушается работа сети и как следствие всей системы, основанной или включающей в себя нейронную сеть. В данном докладе будет дано определение устойчивости сверточной нейронной сети как параметра, рассмотрены различные способы противодействия атакам в том числе и с помощью генеративно-состязательных нейронных сетей.

Ключевые слова: устойчивость, сверточные нейронные сети, состязательные примеры

GENERATIVE-ADVERSARIAL NEURAL NETWORKS TO IMPROVE THE STABILITY OF IMAGE RECOGNITION

A.A.Tischenko, V.E. Gai, R.O. Barinov

NizhniyNovgorodstate technicaluniversityn.a. R.E.Alekseev

Purpose: This article discusses the use of generative-adversarial neural networks to improve the stability of convolutional neural networks by creating/increasing a data set with adversarial examples. We propose the concept of a system that is able to recognize images even after adversarial attacks on the neural network.

Design/methodology/approach: The article will analyze several ways of integrating a generative-adversarial neural network into a cascade with a convolutional neural network at different stages of image recognition: from training the network to its practical application.

Findings: A new image recognition system architecture with the ability to integrate actor-based resilience techniques is proposed. Different ways of integration are considered: before training - image processing, during training - using a dataset created with GAN's, during use - the image is processed before entering the input of the convolutional neural network.

Research limitations/implications: The present article will provide a basis for the development of software or systems to improve the stability of convolutional neural networks in solving practical problems

Originality/value: The system based on the considered methods can be applied in a real-time face recognition system or in a pass control system, based on neural networks.

Keywords: stability, convolutional neural networks, adversarial examples

**НАДЕЖНОСТЬ АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ
В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ. ПРОБЛЕМЫ И ПУТИРЕШЕНИЯ**

Д.А. Сенькив

ORCID: 0000-0002-3839-176X e-mail: senkiv152@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе предложена модель работы системы мониторинга, выраженная в виде набора этапов обработки сообщений в вычислительной системе о произошедшем в ней инциденте информационной безопасности, включающего в себя этапы, позволяющие администратору безопасности проанализировать их, как индикаторы наличия нарушений в системе мониторинга. неполадки, в системе мониторинга, в частности, при мониторинге средств защиты информации, могут выдать администратору безопасности ложные сведения о корректности работы данных средств. Следовательно, возможны перебои, отказы в работе средств защиты информации и, соответственно, возможны пропуски инцидентов информационной безопасности. Для решения задач были использованы методы теории надежности, информационной безопасности и защиты информации.

Ключевые слова: информационная безопасность, теория надежности, система мониторинга, средства защиты информации, вычислительная система

**RELIABILITY OF HARDWARE AND SOFTWARE IN ENSURING THE INFORMATION
SECURITY OF THE COMPUTING SYSTEM. PROBLEMS AND WAYS FOR SOLUTIONS**

D.A. Senkiv

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

Purpose: The author provides a monitoring system model implemented as system message handling steps.

Design / methodology / approach: The article proposes to use a monitoring system to record information security incidents with an emphasis on analyzing events coming from information security tools. If problems arise in the components of the monitoring system, its effectiveness may be reduced. In particular, anomalous behavior in the arrival of events from information security tools may indicate interruptions in their operation, which may make it difficult to detect or miss information security incidents. To analyze anomalies and reduce the degree of uncertainty when eliminating the causes and malfunctioning of information security tools, a model of the monitoring system is proposed, which should reduce the idle time of information security tools.

Findings: The paper finds out a methodology for assessing the reliability indicators of information security tools using data from their work logs, which is universal for assessing the reliability of other technical means.

Research limitations/implications: Research is limited to the amount and power of research hardware used

Originality/value: The value of the whole paper is the uniform model of the monitoring system that provides more effective detection of information security incidents by reducing the downtime of information protection tools, which is achieved by regular monitoring of their status and functioning.

Keywords: information security, reliability theory, monitoring system, information security tools, computer system

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ КЛАССИФИКАТОРОВ

И.Д.Чернобаев

ORCID: 0000-0000-0000-0000 e-mail: ichernobnn@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

В докладе предложена методика построения нейросетевых классификаторов с применением нечетких функций активации, позволяющих повысить точность классификации объектов сложной структуры различной физической природы. Предложенная в работе нечеткая функция активации построена с применением интервальных нечетких множеств второго типа, модифицирована для нормализации ввода и содержит параметры, изменяемые нейронной сетью в процессе обучения, позволяющие сети адаптировать функцию под конкретную задачу. С применением нечеткой функции активации построены три типа классификаторов: сверточный нейро-нечеткий классификатор, рекуррентный нейро-нечеткий классификатор и многослойный нейро-нечеткий классификатор. Проведены три эксперимента классификации компьютерных изображений, текстовых последовательностей и медико-биологических объектов. На обучающей выборке исследовано изменение нечеткой функции активации у нескольких нейронов сети. Проведен сравнительный анализ показателей точности нейро-нечетких классификаторов с аналогичными классификаторами без элемента нечеткости.

Ключевые слова: нейро-нечеткие классификаторы, нейронная сеть, нечеткие множества, классификация состояний.

THE METHOD OF CONSTRUCTING NEURO-FUZZY CLASSIFIERS

I.D.Chernobaev

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

Purpose: The author provides methodology of constructing neuro-fuzzy classifiers via fuzzy activation functions and compare its accuracy with similar classifiers.

Design / methodology / approach: The paper describes fuzzy activation function built with interval type-2 fuzzy sets. It also describes a set of parameters of the activation function that can be optimized during neural network learning. These parameters can be static as well. The author introduces modification of the fuzzy activation function to normalize input values and increase learning stability and accuracy. Paper also describes approach to build three types of neuro-fuzzy classifiers: convolutional, recurrent, and multilayer classifiers. The author compares accuracy of neuro-fuzzy classifiers with similar classifiers in classification tasks of the following data: computer images, text sequences, medical and biological objects to find out the best classifiers.

Findings: The paper finds out that neuro-fuzzy classifiers outperform its counterparts without fuzziness in by accuracy and convergence speed. It also makes conclusions about advantages and disadvantages of fuzzy activation functions.

Research limitations/implications: Research is limited to lightweight classifiers due to computational limitations. Nevertheless, the obtained results can be further used in classification systems on various types of data.

Originality/value: The value of the whole paper is the uniform methodology and algorithmic support that covers various types of data and applicable to any objects.

Keywords: neuro-fuzzy classifiers, neural network, fuzzy sets, states classification

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДНЫХ МАСС В РАЙОНЕ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

А.А. Москвитин

ORCID:0000-0002-5187-4264 e-mail: a.moskvitin@skbsami.ru

Е.А. Тихончук

ORCID: 0000-0002-6722-3570 e-mail: e.tihonchuk@skbsami.ru

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований
Дальневосточного отделения Российской академии наук

В докладе представлены результаты анализа натуральных данных, полученных в ходе экспедиции НИС «Академик Александр Виноградов» рейс № 12 с 01.06. по 29.08. 1988 г. а также экспедиции на Курильские острова в августе 2019 г.. Выполнено сравнение гидрологических характеристик (температура, соленость, условная плотность, частота Брента-Вайсяля, скорость звука) при различных значениях глубины по данным экспедиций.

Курильские проливы являются зоной смешения охотоморских водных масс с тихоокеанскими водами. Показано распределение гидрологических характеристик по глубине, как вдоль пролива, так и за его границами, в точках Охотского моря и Тихого океана на различном удалении. Настоящая работа позволила уточнить представления о формировании границ водных масс в проливе Фриза. Подтверждены имеющиеся в литературе представления о формировании теплого промежуточного слоя в Охотском море путем поступления океанических вод через Курильские проливы, смешения их с охотоморскими водными массами, дальнейшего уплотнения и заглубления.

Ключевые слова: Охотское море, океанографические наблюдения, водные массы, температура, соленость, теплый промежуточный слой.

HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF WATER MASSES IN THE AREA OF THE KURIL ISLANDS

A.A. Moskvitin, E.A. Tikhonchuk

Special research bureau for automation of marine researches FEB RAS

Purpose: The aim of the work is to study the spatial characteristics of water masses in the Frieze Strait based on the analysis of the field data.

Design / methodology / approach: Data from the oceanological observations in the north-western Pacific Ocean (hydrological data, including values of temperature, salinity, density, buoyancy frequency) at various depth values were used in the paper. Calculation of these values were carried out according to UNESCO-84 formulas.

Findings: The available in the literature ideas about the formation of a warm intermediate layer in the Sea of Okhotsk by the entry of oceanic waters through the Kuril Straits, mixing them with the Okhotsk Sea water masses, further compaction and deepening are confirmed.

Research limitations/implications: The comparison of the hydrological characteristics (temperature, salinity, density, buoyancy frequency, speed of sound) at different values of depth was carried out on the base of the field data.

Originality/value: This work allowed us to clarify the ideas about the formation of the boundaries of water masses in the Frieze Strait.

Key words: the Sea of Okhotsk, oceanographic observations, water masses, temperature, salinity, warm intermediate layer.

ОЦЕНКА РАЗМЫВА БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Л.С. Шабрамова

ORCID: 0000-0002-0563-0445 e-mail: l.shabramova@skbsami.ru

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований
Дальневосточного отделения Российской академии наук

В докладе показан принцип использования данных дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) для решения фундаментальной задачи связанной с изменением береговой линии в результате воздействия природных явлений.

Почти ежегодно во время сезонных циклонов, а также сильных штормовых нагонов происходит размыв прибрежной инфраструктуры. В рамках данной работы был проведен анализ спутниковых данных на участке дороги, проходящей вдоль побережья Охотского моря, между селами Взморье и Фирсово Долинского района Сахалинской области.

Методика применения методов ДЗЗ позволяет оценить масштабы воздействия природных явлений на береговую инфраструктуру основываясь на космических снимках предыдущих лет, а также метеорологических данных, что позволяет оценить динамику изменений, сделать прогноз и подготовить рекомендации для предотвращения подобных явлений в будущем.

Ключевые слова: Охотское море, шторм, спутниковые данные, прибрежная инфраструктура

ASSESSMENT OF EROSION OF THE COASTAL ZONE OF THE SAKHALIN REGION BY SATELLITE DATA

L.S. Shabramova

Special research bureau for automation of marine researches FEB RAS

Purpose: To develop a methodology for assessing the consequences of the coastal zone erosion process based on satellite data and forecasting methods

Design / methodology / approach: The article describes a technique for processing a satellite image in order to determine the level of erosion of the coastal zone or to determine the flooding zone. An algorithm for predicting the prediction of this phenomenon based on satellite data was worked out.

Findings: The article shows the technique of using satellite images to assess lithodynamic processes in the coastal zone after a strong wave impact. Weather data is also used to predict the recurrence of such phenomena.

Research limitations/implications: Research is limited by the discreteness of satellite images in time.

Originality/value: The value of the whole article lies in a single algorithm that was used to determine the shoreline level of erosion of the coastline. This technique allows you to remotely make preliminary estimates of the level of erosion.

Key words: Sea of Okhotsk, storm, satellite data, coastal infrastructure

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АППАРАТА С РОТОРНО-ВИНТОВЫМИ ДВИЖИТЕЛЯМИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**Е.С. Тятюшкина**

ORCID: 0000-0002-5234-0977 e-mail: leno4ka-07@mail.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»,
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время для определения и подтверждения технических характеристик изделий машиностроения на стадии их проектирования все чаще применяются методы математического моделирования, с помощью которого с достаточной точностью определяются характеристики изделий судостроительной техники, а именно винтов и динамические характеристики кораблей.

В докладе представлены результаты применения численного моделирования для одного из перспективных изделий судостроительной техники – вездеходно-спасательного аппарата, представляющий собой шлюпку для спасения людей в аварийных ситуациях с роторно-винтовыми движителями. Работа содержит анализ решения задач нескольких этапов. На первом этапе движение судна имитируется движением набегающего потока с различными скоростями. На втором этапе рассматривается задача движения судна с учетом вращения шнеков. На третьем этапе моделируется свободное движения судна по водной поверхности за счет вращения шнеков. Приводятся результаты определения динамических характеристик аппарата при различных условиях движения, а именно: сила сопротивления судна, изменение положения центра масс и дифферент судна. Для проведения численного моделирования используется пакет программ ЛОГОС.

Результаты получены при финансовой поддержке национального проекта «Наука и университеты» в рамках программы Минобрнауки РФ по созданию молодёжных лабораторий № FSWE-2021-0009 (научная тема: «Разработка численных методов, моделей и алгоритмов для описания гидродинамических характеристик жидкостей и газов в естественных природных условиях, и условиях функционирования промышленных объектов в штатных и критических условиях на суперкомпьютерах петафлопсного класса»).

Ключевые слова: роторно-винтовые движители, численное моделирование, уравнения Навье-Стокса, метод VOF, пакет программ ЛОГОС.

NUMERICAL SIMULATION OF THE MOVEMENT OF A MACHINE WITH ROTARY SCREW PROPELLERS AND DETERMINATION OF ITS DYNAMIC CHARACTERISTICS**E.S. Tyatyushkina**

Federal state unitary enterprise «Russian federal nuclear center - All-russian scientific-research institute of experimental physics»,

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

Purpose: The purpose of this work is to determine the dynamic characteristics of a vehicle with rotary screw propulsion, such as the resistance force of the vehicle, the change in the position of the center of mass and the trim of the sea-going vehicle under various modes of movement.

Design / methodology / approach: The numerical simulations were conducted in LOGOS software package. The technique used is based on solving three-dimensional Reynolds-averaged Navier-Stokes equations. The applied VOF method was to determine the position of the free surface. Body motion is taken into account by means of mesh deformation, mesh overlapping, as well as using dynamic inconsistent interfaces.

Findings: The dynamic characteristics of the sea-going vehicle are determined: the resistance force, the change in the position of the center of mass and the trim under various modes of movement of the sea-going vehicle.

Research limitations/implications: The presented technology allows carrying out numerical simulation of the movement of various types of ships and vessels with rotating propellers and determining their dynamic characteristics, thereby reducing the number of full-scale experiments.

Originality/value: The paper presents the original results of the simulation of the movement of the machine.

Keywords: rotary screw propellers, numerical simulation, Navier-Stokes equations, Volume of Fluid, LOGOS software package.

МЕТОД ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН ЦУНАМИ В РАМКАХ ГИБРИДНОГО ПОДХОДА

Д.А. Уткин

ORCID: 0000-0001-8583-3033 e-mail: dimitryavich@mail.ru

В.В. Курулин

ORCID: 0000-0002-1685-3775 e-mail: kurulin@mail.ru

А.С. Козелков

ORCID: 0000-0003-3247-0835 e-mail: askozelkov@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Разработка методов эффективного моделирования поверхностных волн является перспективным направлением в области исследования и прогнозирования последствий цунами. Перспективным видится гибридный метод сквозного моделирования возникновения и распространения волн цунами, основанный на совместном использовании трехмерной и двумерной методик. Трёхмерная методика для расчёта гидродинамических течений, реализованная и функционирующая в пакете программ ЛОГОС, является моделью на основе уравнений Навье-Стокса и уравнений переноса объёмных долей фаз – в соответствии с методикой VOF. Модель распространения волн на основе уравнений мелкой воды была реализована впервые на базе пакета программ ЛОГОС и предназначена для моделирования волн на крупномасштабных акваториях. Гибридный подход основан на использовании данных решения, полученных на трёхмерной расчётной области, для модели мелкой воды в начале каждого расчётного шага. Валидация методики проводится на задаче оползневой цунами в акватории Японского моря.

Результаты получены при финансовой поддержке национального проекта «Наука и университеты» в рамках программы Минобрнауки РФ по созданию молодёжных лабораторий № FSWE-2021-0009 (научная тема: «Разработка численных методов, моделей и алгоритмов для описания гидродинамических характеристик жидкостей и газов в естественных природных условиях, и условиях функционирования промышленных объектов в штатных и критических условиях на суперкомпьютерах петафлопсного класса»).

Ключевые слова: уравнения мелкой воды, уравнения Навье-Стокса, VOF, цунами.

A HYBRID TECHNOLOGY OF NUMERICAL SIMULATION OF WAVE PROPAGATING TSUNAMI

D.A. Utkin, V.V. Kurulin, A.S. Kozelkov

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

Purpose: A hybrid technology of numerical modelling approach for tsunami is considered. The article considers the method of association of two separately solving numerical models by transmitting the data from one to another.

Design/methodology/approach: the hybrid technology implies connecting 3D numerical model based on Navier-Stokes equations and VOF equations, with a 2D-one based on shallow water equations. The height data and velocity components obtained in 3D-model are transmitted to 2D-model using a marked zone specified in 3D numerical area. The height and velocity components to transmit are considered as values estimated in each set of 3D cells corresponding to a 2D numerical node.

Findings: The examples of applying the hybrid technique for tsunami modelling is present by several numerical tests including large-scale landslide tsunami simulation.

Research limitations/implications: The introduced hybrid algorithm implies applicability on numerical meshes of prismatic structure. Besides, the present research is a starting point for development and improvement of the considered hybrid method.

Originality/value: The value of the research consists of introducing the method for tsunami simulation, which combines the 3D-technique based on Navier-Stokes equations and VOF method with 2D-technique based on shallow water equations. This hybrid technology has been developing as a module of LOGOS – domestic software package. In prospect, the hybrid method should be able to allow conducting effective numerical simulations of large-scale tsunami problems at appropriate computational capabilities.

Keywords: shallow water equations, Navier-Stokes equations, volume of fluid, tsunami

УДК 551.46:532.5: 517.95

БРИЗЕР КРАЕВЫХ ВОЛН КАК МОДЕЛЬ ВОЛН-УБИЙЦ, ОГРАНИЧЕННЫХ В ПРОСТРАНСТВЕ

О.Е. Куркина¹

ORCID: 0000-0002-4030-2906 e-mail: Oksana.Kurkina@mail.ru

Е.Н. Пелиновский²

ORCID: 0000-0002-5092-0302 e-mail: pelinovsky@appl.sci-nnov.ru

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

² Институт прикладной физики РАН

В докладе обсуждается возможность появления кратковременных волн большой амплитуды, называемых волнами-убийцами, в поле краевых волн в прибрежной зоне океана. В качестве конкретной геометрии задачи выбран плоский шельф постоянного уклона. Свойства краевых волн в линейном приближении хорошо изучены. В наших предыдущих работах изучалась структура слабо нелинейных краевых волн Стокса и выведено нелинейное уравнение Шредингера для описания эволюции модулированного пакета краевых волн. В рамках этого уравнения существуют решения в виде рациональных функций (типа бризера Перегрин), которые в настоящее время рассматриваются как математическая модель волн-убийц. В докладе обсуждаются характеристики такого рода бризеров для конкретных геофизических условий.

Ключевые слова: краевые волны в океане, волны Стокса, нелинейное уравнение Шредингера, модуляционная неустойчивость, бризеры.

BREATHER OF THE EDGE WAVES AS A MODEL OF SPATIALLY LOCALIZED ROGUE WAVES

O. Kurkina¹, E. Pelinovsky²

¹ Nizhny Novgorod state technical university n.a. R. Alekseev

² Institute of applied physics RAS

Purpose: The authors construct a family of the breather solutions described the rogue wave appearance in the field of the edge waves in the coastal zone.

Design / methodology / approach: The analysis of the wave motion in the vicinity of the coastal line is based on the Euler hydrodynamic equations in the shallow-water approximation. Using the asymptotic approach the structure of the nonlinear edge Stokes waves is reproduced. Considering the smooth modulation of the wave parameters in time and alongshore coordinate, the one-dimensional nonlinear Schrodinger equation is applied to demonstrate the two-dimensional pattern of the edge waves. The rational solutions (breathers) of this equation are usually considered as the mathematical models of the rogue waves. To compare with wind waves, the breathers of the edge waves are bounded in space, and their structure depends from the real topography of the sea bottom. The characteristics of the rogue edge waves are discussed with applications to the conditions of the coastal zone.

Findings: The paper demonstrate the existing of the rogue waves bounded in the space in the vicinity of the shoreline. Their parameters for real shelves are computed. Life-time and spatial dimensions of the freak edge waves are discussed.

Research limitations/implications: Obtained solutions are limited to the weakly nonlinear edge waves in the coastal zone with neglecting the multimode interaction. In addition, the model is limited to the considered geometry of the sea bottom – plane of the constant slope.

Originality/value: Authors develop the model of the nonlinear edge waves which was suggested in their original papers, and this research is original. Nobody early reported the existence of freak edge waves in the ocean. The structure of the computed breathers of the edge waves is fully determined and allow analyzing their parameters for real oceanic conditions. Main advantage of obtained solutions is the demonstration of existing of spatially bounded rogue waves with asymmetric structure in along and cross shore coordinates.

Keywords: edge waves, Stokes waves, nonlinear Schrodinger equation, modulational instability, breathers.

МНОЖЕСТВЕННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СОЛИТОНОВ И БРИЗЕРОВ В СТРАТИФИЦИРОВАННОМ ОКЕАНЕ

Е.Г. Диденкулова

ORCID: 0000-0003-2962-5584 e-mail: edidenkulova@hse.ru

Т.Г. Талипова

ORCID: 0000-0002-1967-4174 e-mail: tgtalipova@mail.ru

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики,
Институт прикладной физики РАН

С помощью численного моделирования исследуется комплексная динамика солитонов и бризеров в рамках фокусирующего уравнения Гарднера (расширенного уравнения Кортевега-де Вриза). Рассмотрены различные сценарии эволюции волн: в качестве начальных условий выбраны как только однополярные солитоны, так и разнополярные солитоны, а также смещенные поля, состоящие из солитонов и бризеров. Анализируются статистические характеристики волновых полей: высшие моменты и функции распределения амплитуд и высот. Особое внимание уделено ситуациям аномального усиления поля в результате взаимодействия внутренних волн.

Ключевые слова: внутренние волны, солитоны, солитонная турбулентность, уравнение Гарднера, численное моделирование, статистические моменты, бризеры.

MULTIPLE INTERACTION OF SOLITONS AND BREATHERS IN A STRATIFIED OCEAN

E.G. Didenkulova, T.G. Talipova

HSE University,

Institute of applied physics RAS

Purpose: This article is aimed to analyze the mixed dynamics of internal solitons and breathers using numerical simulation and statistical approach.

Design / methodology / approach: To describe the dynamics of the ensemble of internal solitons and breathers, the Gardner equation, which differs from the well-known Korteweg–de Vries equation in the cubic term is chosen. This equation is often applied for describing the transformation of the internal tide on the shelf. Gardner equation is integrated by the pseudospectral scheme. For the numerical simulation periodic boundary conditions on a time interval with a duration of 12.4 h are chosen. Initial wave ensembles consisted of superposition of separated solitons/breathers which started to interact over time. Statistical characteristics of the wave fields are analyzed using averaging over 50 realizations of the wave fields.

Findings: The paper describes scenarios of extreme wave amplification as a result of nonlinear interaction of solitons and breathers.

Research limitations/implications: Presented research can be used for the explanation of the reasons of rogue wave formation in the conditions of stratified ocean similar to conditions of the Australian North West Shelf.

Originality/value: The paper extends the understanding of so-called soliton and breather turbulence as a part of internal wave dynamics in a stratified ocean. Different scenarios of multiple soliton/breathers interactions obtained during the numerical simulations explain possible conditions for the formation of anomalously large internal waves.

Key words: internal waves, solitons, soliton turbulence, Gardner equation, numerical simulation, statistical moments, breathers.

**БАЗА ДАННЫХ ВОЛН-УБИЙЦ В 2005-2021
ПО МАТЕРИАЛАМ СРЕДСТВ МАССОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Е.Г. Диденкулова

ORCID: 0000-0003-2962-5584 e-mail: edidenkulova@hse.ru

И.И. Диденкулова

ORCID: 0000-0003-0913-9167 e-mail: didenkulova@mail.ru

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики,
Институт прикладной физики РАН

Собраны и проанализированы случаи происшествий с аномально большими волнами (волнами-убийцами) в Мировом океане, произошедшими в период с 2005 по 2021 гг. В базу данных объединены данные из имеющихся каталогов волн-убийц, а также случаи за последние годы, отмеченные в средствах массовой информации. В общей сложности база данных насчитывает 429 событий, повлекших смерть и травмы людей, затопление и повреждение кораблей. Все события разделены на глубоководные (произошедшие на глубине больше 50 метров), мелководные (глубина – меньше 50 м) и события, произошедшие на берегу (как пологом, так и скалистом). Составлена карта событий и определены районы, наиболее опасные с точки зрения волн-убийц. На основе данных реанализа определены параметры волн-убийц и ветрового волнения.

Ключевые слова: волны-убийцы, каталог, свидетельства очевидцев, средства масс-медиа.

DATABASE OF ROGUE WAVES IN 2005-2021 ACCORDING TO MASS MEDIA SOURCES

E.G. Didenkulova, I.I. Didenkulova

HSE University,

Institute of Applied Physics RAS

Purpose: This article is aimed to collect and unite the rogue wave events in the World Ocean in 2005-2021.

Design / methodology / approach: Description of freak wave events are taken from mass media sources and articles from scientific articles. The parameters of sea waves, contributing to the formation of real anomalously large waves were determined. For all events that occurred in the coastal zone or in deep water, an in-depth analysis of the characteristics of sea waves at the time of the formation of rogue waves has been made. With the help of data from atmospheric and ocean reanalysis model ERA5, based on satellite altimetry data for calculating wind waves, the characteristics of background waves and rogue waves have been determined, including wind strength, significant wave height, and wave periods.

Findings: The statistics of rogue wave accidents in the World Ocean is analyzed. The parameters of rogue waves are discussed. The most dangerous regions from the point of view of rogue waves are highlighted.

Research limitations/implications: The data of rogue waves is taken from the open sources of information, not from direct in situ measurements.

Originality/value: The paper extends the understanding of conditions of rogue wave formation and their characteristics.

Key words: rogue waves, catalogue, eyewitness accounts, mass mediasources.

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ

К.А.Понур

ORCID:0000-0003-3189-7095 e-mail: ponur@ipfran.ru

В.Ю.Караев

ORCID: 0000-0002-4054-4905 e-mail: volody@ipfran.ru

М.А.Панфилова

ORCID: 0000-0002-3795-0347 e-mail: mariap@ipfran.ru

Ю.А.Титченко

ORCID: 0000-0001-7762-7731 e-mail: yuriy@ipfran.ru

Институт прикладной физики РАН

В настоящее время на орбите находятся два радиолокатора, которые выполняют измерения при малых углах падения. Это двухчастотный дождевой радиолокатор (DPR), установленный на спутнике GPM, и предназначенный для измерения осадков. Спектрометр SWIM на спутнике CFOSAT измеряет двумерный спектр морского волнения и высоту волнения. Кроме того, для измерения морских течений разработан проект SKIM, где измерения также планируется выполнять при малых углах падения. В ходе исследования были разработаны численные модели трех радиолокаторов с учетом индивидуальных схем измерения. Во время полета DPR выполняет сканирование в перпендикулярном направлении ($\pm 19^\circ$) и формируется радиолокационное изображение с разрешением около 5 км. В спектрометре SWIM происходит вращение антенны (4 луча: 2° , 4° , 6° , 8° , 10°) вокруг вертикальной оси, что также позволяет сформировать радиолокационное изображение поверхности с разрешением около 18 км. В проекте SKIM предполагается применять вращение антенны, однако используются только два угла падения (6° и 10°) и разрешение составляет около 6 км. В результате исследования впервые было выполнено численное моделирование существующих и перспективного радиолокаторов применительно к решению задачи измерения площади ледяного покрова. Результаты моделирования показали, что эти радиолокаторы могут использоваться для мониторинга площади ледяного покрова.

Ключевые слова: численное моделирование, ледяной покров, орбитальный радиолокатор, схема измерения, алгоритмы обработки

APPLICATION OF NUMERICAL SIMULATION TO COMPARISON OF EXISTING AND PROMISING ORBITAL RADAR

K.A.Ponur, V.Yu.Karaev, M.A.Panfilova, Yu.A.Titchenko

Institute of applied physics RAS

Purpose: In the paper approaches to the development of numerical models of existing and prospective orbital radars that perform measurements at small angles of incidence, and evaluates the effectiveness of algorithms for classifying a scattering surface according to the “ice-water” criterion are discussed.

Design/methodology/approach: Radar operation simulation consists of two parts: scattering surface simulation and radar measurement scheme simulation. Radar images of the sea surface and ice cover were obtained. Separately, the case was considered when the sea ice concentration is less than 1.

Findings: As a result of the research, for the first time, numerical modeling of existing and prospective radars was performed in relation to solving the problem of measuring the area of ice cover.

Research limitations/implications: The paper presents the first results of the study of backscattering at small incidence angles and it is necessary to apply the developed algorithms to satellite data.

Originality/value: Numerical modeling of these radars was carried out for the first time.

Keywords: numerical simulation, ice cover, orbital radar, scheme of measurement, processing algorithm

ЭФФЕКТЫ СИЛЬНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МОРСКИХ «ВОЛН-УБИЙЦ» ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРЯМОГО ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.В. Слюняев

ORCID: 0000-0001-7782-2991 e-mail: slunyaev@appl.sci-nnov.ru

А.В. Кокорина

ORCID: 0000-0001-5196-537X e-mail: a.sergeeva@appl.sci-nnov.ru

Институт прикладной физики РАН

Выполнено прямое численное моделирование поверхностных гравитационных волн в глубоком море с начальными условиями в виде волн с заданным спектром JONSWAP и распределением углового спектра. Спектральный метод высокого порядка (HOSM), использованный для моделирования, позволяет управлять порядком нелинейности через параметр схемы M . В частности, значение $M = 1$ соответствует линейному решению, при $M = 3$ осуществляется учет четырехволновых нелинейных взаимодействий. Большинство прямых численных расчетов HOSM, имеющих в литературе, выполняются с параметром $M = 3$, достаточным для учета модуляционной неустойчивости. В этой работе мы исследуем роль нелинейных эффектов еще более высокого порядка, обусловленных 5-волновыми взаимодействиями. С этой целью была проведена серия сравнительных численных экспериментов для $M = 3$ и $M = 4$. Полученные данные о волнах анализировались с точки зрения функций распределения вероятностей высот волн и типичных форм волн-убийц. Новых динамических эффектов образования аномально высоких волн, связанных с нелинейностью высокого порядка, не обнаружено, учета 4-волновых взаимодействий оказывается достаточно для описания эффекта роста вероятности «волн-убийц». Нелинейность высокого порядка влияет лишь на динамику очень крутых волн, приводя к генерации немного более высоких волн. Основная часть функции распределения вероятностей волн по высоте остается неизменной.

Ключевые слова: нелинейные волны на поверхности воды, численное моделирование, экстремальные волны, нелинейные взаимодействия волн

EFFECTS OF STRONG NONLINEARITY IN GENERATION OF ROGUE WAVES IN THE DIRECT NUMERICAL SIMULATION

A.V. Slunyaev, A.V. Kokorina

Institute of applied physics RAS

Purpose: To investigate the role of high-order nonlinearities in the process of oceanic rogue wave generation through the direct numerical simulation.

Design/methodology/approach: The numerical approach is employed which allows to control the order of nonlinearity. Two sets of data from the direct numerical simulations are obtained, which correspond to consideration of only four-wave nonlinear processes (which are dominant in typical seas), and taking into account a higher-order nonlinearity due to the five-wave interactions.

Findings: The probability distribution functions are obtained for the nonlinear and stronger-nonlinear numerical simulations. They demonstrate some difference in the large-amplitude part, but do not exhibit systematic alteration of the main part (for smaller waves).

Research limitations/implications: The research is limited by the conditions of not too much steep waves, when the wave breaking does not play an important role.

Originality/value: The majority of simulations reported in literature is performed for the case $M = 3$. Even smaller order of nonlinearity ($M = 2$) was considered in some publications. We are not aware of any foreign researches similar to ours.

Keywords: nonlinear waves on the water surface, numerical simulation, extreme waves, nonlinear wave interactions

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ДИНАМИКИ ПОЛНОНЕЛИНЕЙНЫХ БАРОКЛИННЫХ ВОЛНОВЫХ ДВИЖЕНИЙ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ О.САХАЛИН

А.А. Куркин

ORCID: 0000-0003-3828-6406 e-mail: aakurkin@nntu.ru

Е.А. Рувинская

ORCID: 0000-0002-3858-1731 e-mail: e.rouvinskaya@gmail.com

О.Е. Куркина

ORCID: 0000-0002-4030-2906 e-mail: oksana.kurkina@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Целью настоящего доклада является представление результатов исследования режимов трансформации баротропного прилива в бароклинные волны и оценка динамических эффектов в поле внутренних волн на северо-восточном шельфе о. Сахалин в рамках полнонелинейной негидростатической гидродинамической модели. Показано, что волны бароклинового прилива и генерируемые на их фронтах интенсивные внутренние волны дают существенный вклад в скорости прибрежных течений. Получены оценки амплитуд КВВ (короткопериодных внутренних волн) и длинных бароклиновых волн, а также индуцированных ими скоростей для разрезов в Охотском море: амплитуды КВВ составляли в среднем 10–15 м (но достигали 40 м на интерфейсе, находящемся в невозмущенном состоянии на глубине 70 м), а скорости индуцированных ими течений 0.3–0.4 м/с как на дне, так и на поверхности (в том числе в глубоководной зоне разрезов).

Ключевые слова: внутренние волны, стратифицированный шельф, Охотское море, вычислительная гидродинамика

SOME ASPECTS OF THE DYNAMICS OF FULLY NONLINEAR BAROCLINE WAVE MOTIONS ON THE NORTH-EASTERN SHELF OF SAKHALIN

A.A. Kurkin, E.A. Rouvinskaya, O.E. Kurkina

NizhniyNovgorodstatetechical university.n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This work has two purposes. The first is to study the regimes of transformation of barotropic tidal waves into baroclinic waves. The second is to estimate the dynamic effects in the field of internal waves on the northeastern shelf of Sakhalin Island.

Design/methodology/approach: The study of internal wave dynamics was carried out by means of the program complex intended for numerical modeling of propagation and transformation of such waves in the ocean.

Findings: It is shown that baroclinic waves and intensive internal waves generated at their fronts make a significant contribution to the velocities of coastal currents, which is indirectly confirmed by the formation of underwater dunes in the coastal zone of this part of the water area. The amplitudes of short-period internal waves and long baroclinic waves, as well as the velocities induced by them for sections in the Sea of Okhotsk, were estimated. The amplitudes of internal waves were about 10–15 m on average, but reached 40 m, and the velocities of the currents induced by them were 0.3–0.4 m/s both at the bottom and near the surface (including the deep-water zone of the sections).

Research limitations/implications: Since an ideal fluid is modeled, we obtained average, possibly slightly overestimated values of velocities.

Originality/value: The presented study is original and continues the work of the authors on this topic. The obtained estimates allow us to conclude that internal waves in the studied part of the shelf of the Sea of Okhotsk should actively influence not only the transformation of the bottom topography, but also the functioning of the ecosystem of the stratified sea shelf and therefore should be taken into account in engineering calculations when designing hydraulic structures.

Keywords: internal waves, stratified sea shelf, Sea of Okhotsk, computational fluid dynamics

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ РИМАНОВОЙ ВОЛНЫ В ТРЕХСЛОЙНОЙ ЖИДКОСТИ

О.Е. Куркина

ORCID: 0000-0002-4030-2906e-mail: Oksana.Kurkina@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Процесс чисто нелинейной деформации синусоидальной волны исследован в рамках бездисперсионного предела уравнения $(2+4)KdV$ (модели типа KdV с комбинированной нелинейностью, представленной членами третьей и пятой степени; это уравнение выведено, в частности, для внутренних волн в симметрично стратифицированной трехслойной жидкости). Подробно описаны особенности решений в виде римановых волн: в неявном аналитическом виде получены времена и уровни обрушения в зависимости от амплитуды исходной синусоиды. Выделены эффекты, определяемые действием высоких нелинейных поправок. Показано, в частности, что точки обрушения на профиле волне смещены от нулевого уровня (где они возникают в простейшем случае квадратичной нелинейности). Градиентные катастрофы в рамках $(2+4)KdV$ возникают на двух (для малых амплитуд) или четырех (для средних и больших амплитуд) ненулевых уровнях на периоде синусоиды, то есть формируется до четырех точек обрушения. Найдена критическая амплитуда, разделяющая эти сценарии. Обрушение на разных уровнях происходит, вообще говоря, в разное время, кроме одного значения амплитуды, которое также найдено, и при котором вертикальные фронты на переднем и заднем склонах волны формируются одновременно.

Ключевые слова: обрушение, опрокидывание, градиентная катастрофа, Риманова волна, нелинейность, эволюция профиля волны.

FEATURES OF THE EVOLUTION OF INTERFACIAL RIEMANN WAVES IN A THREE-LAYER FLUID

O. Kurkina

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

Purpose: The process of purely nonlinear deformation of the wave profile and the formation of fronts on the initial sinusoidal wave is considered in detail and analytically described within the framework of the dispersionless limit of the $(2+4)KdV$ model (with combined cubic and quintic nonlinearity), which describes internal waves in a three-layer fluid.

Design / methodology / approach: The solution of the problem is constructed analytically in terms of Riemann waves. The features of the Riemann wave solutions are described in detail: the times and levels of breaking are derived in an implicit analytic form depending on the amplitude of the initial sine wave. Effects manifesting the action of high nonlinear corrections of the model are highlighted.

Findings: It is shown, in particular, that the breaking points on the wave profile are shifted away from the zero-crossing level (where breaking happens for the simplest case of quadratic nonlinearity). The shocks occur at two (for small amplitudes) or four (for moderate and large amplitudes) nonzero levels per the period of the initially sine wave. The critical amplitude separating these scenarios is found. Breaking at different levels occurs at different times except one specific value of amplitude, which is also found, and for which the shocks on the face and back wave slopes forms simultaneously.

Research limitations/implications: Obtained solutions are limited to the purely nonlinear model, and the parameters of the model correspond to the considered set-up of mode I interfacial waves in three-layer fluid with density stratification symmetric in vertical.

Originality/value: This research is original. Obtained solutions extend our understanding of the process of nonlinear wave deformation and can be used for the verification of numerical models reproducing Riemann waves as an initial stage of weakly nonlinear wave evolution in weakly dispersive media.

Keywords: wave steepening, wave breaking, gradient catastrophe, Riemann wave, nonlinearity, wave profile evolution.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРЕННИХ ВОЛНОВЫХ ПУЧКОВ В УСЛОВИЯХ СТРАТИФИЦИРОВАННОГО ШЕЛЬФА О. САХАЛИН

М.В. Кокоулина

ORCID:0000-0001-5890-3649 e-mail: kokoulinamaria97@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Исследования внутренних гравитационных волн крайне актуальны для понимания динамических процессов океана, особенно обмена веществами и энергией. Численное моделирование генерации и распространения внутренних волн в стратифицированном океане служит мощным вспомогательным инструментом в изучении этого явления. В контексте линейной негидростатической модели неоднородный по времени поток над неровным дном вызывает резонансные бароклинные движения. Надкритические области, где движения жидкости являются существенно бароклинными во всей толще, являются источниками излучения волн, создавая волновые лучи, или пучки (beams). В рамках данного исследования проведен расчёт внутренних волновых пучков (с учетом неровностей дна) для условий северо-восточного шельфа о. Сахалин (Охотское море). Результаты показали хорошее соответствие с волновыми полями, рассчитанными в рамках двумерной (вертикальная плоскость) полнонелинейной негидростатической модели при генерируемом воздействии мультикомпонентного прилива. Рассчитанные лучи, соответствуют волнам с характерными периодами 1.5 – 3 часа, рождающимся в мелководной зоне (полная глубина 100-200 м) в результате нелинейного каскада энергии при трансформации волн приливных периодов в рассматриваемой акватории.

Ключевые слова: внутренние волны, внутренние волновые пучки, Охотское море.

CHARACTERISTICS OF INTERNAL WAVE BEAMS IN THE CONDITIONS OF THE STRATIFIED SHELF OF SAKHALIN ISLAND

M.V. Kokoulina

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

Purpose: The aim of the study is 1) to describe the features of internal wave beams for the conditions of the northeastern shelf of the Sakhalin Island, considering variable bottom; 2) to compare the linear harmonic wave beams and the wave fields calculated within a two-dimensional fully nonlinear non-hydrostatic model with the multicomponent tidal forcing.

Design/methodology/approach: The studies were carried out in the context of the linear theory of internal waves for the ocean stratified in density.

Findings: The calculated beams correspond to waves with characteristic periods of 1.5 - 3 hours, which appear as an intermediate stage of the nonlinear energy cascade in the process of tidal wave transformation in this water area. The results showed a good agreement with the wave fields calculated in a two-dimensional (vertical plane) fully nonlinear nonhydrostatic model with the multicomponent tidal forcing.

Research limitations/implications: Linear theory of mode I baroclinic waves is used. Thus, the nonlinear effects during the propagation of rays are neglected, as well as possible intermodal interactions.

Originality/value: The results of the study are original, belong to the author, they are not published and are not submitted for publication in any scientific journals. The features of internal wave beams for the northeastern shelf of Sakhalin Island were estimated for the first time. The present research provides a starting point for further studies in this field.

Keywords: internal waves, internal wave beams, Sea of Okhotsk.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЕРВОЙ ВОЛНЫ COVID-19 В ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

М.В. Кокорулина¹

ORCID: 0000-0001-5890-3649 e-mail: kokoulinamaria97@gmail.com

Е.Н. Лешехва¹

ORCID: 0000-0003-2436-3431 e-mail: leshekhva.elena@mail.ru

Е.Н. Пелиновский¹⁻³

ORCID: 0000-0002-5092-0302 e-mail: pelinovsky@gmail.com

А.С. Епифанова¹

ORCID: 0000-0003-1061-0964 e-mail: epifanova.anastasia.s@gmail.com

А.А. Куркин¹

ORCID: 0000-0003-3828-6406 e-mail: aakurkin@gmail.com

О.Е. Куркина¹

ORCID: 0000-0002-4030-2906 e-mail: oksana.kurkina@mail.ru

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

²Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

³Институт прикладной физики РАН

В докладе проведен сравнительный анализ динамики распространения первой волны COVID-19 в федеральных округах России. Аппроксимация роста числа заболевших выполнена с помощью простой и обобщенной логистических моделей, а также модели Гомпертца. Их параметры определяются регрессионным анализом на основе официальных данных Коммуникационного центра Правительства Российской Федерации, опубликованных на интернет-ресурсе стопкоронавирус.рф. Показано, что для всех округов РФ обобщенное логистическое уравнение является наилучшей регрессионной моделью из рассмотренных ($R^2 > 0.94$). Модель Гомпертца имеет меньшее количество подбираемых параметров, однако ее коэффициент детерминации превышает 0.91.

Ключевые слова: математическое моделирование, простая логистическая модель, обобщенная логистическая модель, модель Гомпертца, COVID-19

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COVID-19 FIRST WAVE SPREAD DYNAMICS IN THE FEDERAL DISTRICTS OF THE RUSSIAN FEDERATION

M.V. Kokoulina¹, E.N. Leshekhva¹, E.N. Pelinovsky¹⁻³, A.S. Epifanova¹, A.A. Kurkin¹, O.E. Kurkina¹

¹Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,

²National research university – Higher school of economics,

³Institute of applied physics RAS

Purpose: This paper provides a comparative analysis of the COVID-19 first wave spread dynamics in the federal districts of Russia.

Design/methodology/approach: simple logistic, generalized logistic models and the Gompertz equations were used in this work. The initial data are taken from the official website стопкоронавирус.рф.

Findings: It is shown that for all considered districts the generalized logistic equation is a good regression model ($R^2 > 0.94$).

Research limitations/implications: The present work provides a starting-point for further research of coronavirus infection waves in all regions of the Russian Federation.

Originality/value: The obtained results may be used for the modeling of COVID-19 waves in all regions of the Russian Federation.

Keywords: mathematical modeling, simple logistic model, generalized logistic model, Gompertz model, COVID-19

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИННЫХ ВОЛН В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ РОССИИ,
ВЫЗВАННЫХ ИЗВЕРЖЕНИЕМ ВУЛКАНА В ТИХОМ ОКЕАНЕ**

М.Ю. Зайцева

ORCID: 0000-0002-2469-0558 e-mail: muzaytseva@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

В докладе приводятся результаты исследования записей длинных волн, вызванных извержением вулкана Тонга 15 января 2022 года. Проведен анализ записей изменения уровня моря в Дальневосточных морях России. Данное событие было зарегистрировано на береговых постах Российской службы предупреждения цунами. Так же были обработаны записи изменения атмосферного давления по доступным метеорологическим данным.

Оценки времени прихода первых волн в точки измерения показывает метеорологическое происхождение цунами. Оно было вызвано аномальным фронтом давления, которое распространялось со скоростью звука от источника. Высота волн цунами в Японском море не превышала 10 см. В районе полуострова Камчатка наблюдались более высокие волны.

Ключевые слова: длинные волны, вулкан, аномальное давление, Охотское море

**INVESTIGATION OF LONG WAVES IN THE FAR EASTERN SEAS OF RUSSIA CAUSED BY
A VOLCANIC ERUPTION IN THE PACIFIC OCEAN**

M.U. Zaytseva

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

Purpose: To develop a methodology for estimating the parameters of meteotsunami based on meteorological data and records of real surface waves

Design / methodology / approach: The paper describes a technique for processing real records of surface waves in order to determine the definition of long tsunami waves. An algorithm for estimating the parameters of anomalous atmospheric pressure disturbances was developed.

Findings: The paper shows a technique for isolating long tsunami waves from real records of surface waves. A record of a long wave that was generated by abnormal atmospheric pressure is given.

Research limitations/implications: Research is limited by the complexity of conducting numerical modeling describing this process. For a physical model, it is necessary to use a system of Navier Stokes equations.

Originality/value: The value of the whole article lies in the results of fundamental research showing the possibility of generating long waves at a great distance from the source. These waves were generated by abnormal atmospheric pressure propagating at the speed of sound.

Keywords: long waves, volcano, abnormal pressure, Sea of Okhotsk

**ИЗУЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ СЛУЧАЕВ ТРАНСФОРМАЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ПОЛНОНЕЛИНЕЙНЫХ ЛОКАЛИЗОВАННЫХ ВОЛНОВЫХ ПАКЕТОВ С УСТУПОМ
ДНА В СТРАТИФИЦИРОВАННОМ БАСЕЙНЕ**

Н.А. Санников

ORCID: 0000-0001-9609-9786 e-mail: Sannikov_na@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексева

Внутренние гравитационные волны являются одной из важнейших составляющих волновых движений в стратифицированных средах, они возникают и распространяются на границах раздела слоев различной плотности. Бризеры – класс длинных нелинейных локализованных волновых пакетов, которые могут возникать в трехслойной среде, их существование подтверждается и численными расчетами, в том числе полнонелинейными. В работе подробно рассмотрен процесс распространения и трансформации бризера умеренной амплитуды над неровным дном в виде уступа в трехслойной жидкости в рамках полнонелинейной двумерной (вертикальная плоскость) модели, основанной на уравнениях Эйлера. В рассматриваемой задаче управляющими параметрами являются характеристики переходной зоны на дне (ширина и высота), параметры волнового пакета остаются неизменными в работе. В результате моделирования показано, что в верхней части уступа (при значительной его крутизне) образуется зона генерации внутренних волновых пучков, и происходит перераспределение энергии волнового движения между пикноклинами. Это выражается в возникновении значительных вертикальных потоков в толще жидкости. Вертикальные скорости движения частиц жидкости вблизи уступа становятся сравнимыми по величине с горизонтальными скоростями.

Ключевые слова: бризеры, внутренние волны, стратифицированная жидкость, численное моделирование, неоднородная среда, трансформация волн

**STUDY OF INDIVIDUAL CASES OF TRANSFORMATION AND INTERACTION OF FULL-
NONLINEAR LOCALIZED WAVE PACKETS WITH A BOTTOM STEP IN A STRATIFIED
BASIN**

N.A. Sannikov

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

Purpose: Study of the breathers' transformation and interaction during propagation over a variable bottom with a step.

Design/methodology/approach: Fully nonlinear 2D equations of dynamics of a stratified fluid are solved numerically in the Boussinesq approximation. Analytical breather solutions of weakly nonlinear theory for the same set-up are used for the initialization of the model.

Findings: In the upper part of the step (when it is steep enough), a zone of generation of internal wave beams is formed, and the energy of wave motion is redistributed between the pycnoclines. This is expressed in the occurrence of significant vertical flows in the fluid column. The vertical velocities of the fluid particles near the step become comparable in magnitude to the horizontal velocities.

Research limitations/implications: A two-dimensional problem (vertical plane) is solved, which imposes restrictions on the class of solutions (cylindrical geometry).

Originality/value: All studies are new, original, not published anywhere, based on previous research of the author.

Keywords: breathers, internal waves, stratified fluid, numerical modeling, inhomogeneous medium, wave transformation

ЦУНАМИ В АРКТИКЕ. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛН ЦУНАМИ В МОРЕ БАФФИНА

М.С. Винокуров

ORCID: 0000-0001-7003-9726 e-mail: superstar521@yandex.ru

Р.Х. Мазова

ORCID: 0000-0003-2443-149X e-mail: raissamazova@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Арктика является наименее изученным регионом по проблемам, связанным с явлениями землетрясения и цунами. Традиционно цунамиопасность в Арктике считается незначительной. Это объясняется прежде всего низкой сейсмической активностью региона. В связи с экономическим освоением шельфа проблема цунамиопасности на побережье Арктики становится актуальной и требует проведения подробных исследований вероятных событий образования волн цунами. В работе рассмотрен вопрос цунамиопасности в арктическом регионе. Как следует из работы Куликова Е.А. (Куликов и др., 2016), для арктического побережья России наибольшая опасность возникновения цунами сейсмостектонического происхождения исходит от землетрясений, возникающих в зоне подводного хребта Гаккеля. На российском побережье наибольшую опасность цунами представляют для районов Камчатки и Курильских островов. При помощи численного моделирования были воспроизведены два наиболее сильных из зарегистрированных землетрясений в бассейне Северного Ледовитого океана: в море Баффина (1933 г.) с магнитудой, $M_w = 7,7$ и в море Лаптевых (1964 г.) с магнитудой, $M_w = 6,7$, при которых максимальная высота волн цунами на побережье в ближней зоне очага могла бы достигать соответственно 10 и 0,3 м. Были проведены по 3 сценария для каждого события в рамках клавишной модели очага землетрясения, моделируя различную динамику в очагах исторических землетрясений. Полученные волновые характеристики сравнивались с данными численных моделирований этих событий других авторов.

Ключевые слова: Арктика, Северный Ледовитый океан, шельф, цунами, сейсмичность, землетрясения

TSUNAMI IN THE ARCTIC. NUMERICAL SIMULATION OF TSUNAMI WAVES IN THE BAFFIN SEA

M.S. Vinokurov, R.Kh. Mazova

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

Purpose: The development of the Arctic and the development of natural resources on the shelf of the Arctic Basin requires scientific research and engineering surveys to ensure the environmental and technical safety of coastal and marine infrastructure.

Design/methodology/approach: The calculations were carried out within the framework of the key model of the earthquake source, the number of blocks in the calculations corresponded to the number of faults in the earthquake source 3. The calculations were carried out within the framework of nonlinear shallow water equations

Findings: 6 scenarios of different dynamics of blocks-keys in the earthquake source are considered. We have carried out calculations for each hypothetical rupture in the earthquake source. For each scenario, characteristics for wave fields in the considered water area were obtained. The obtained results are compared with the available documentary data and data of other authors.

Research limitations/implications: This article is the beginning of further research of the tsunami in the Arctic.

Originality/value: The work was performed within the keyboard model of the earthquake source. The importance of this study lies in the fact that, the development of the Arctic and the development of natural resources on the shelf of the Arctic Basin requires scientific research and engineering surveys to ensure the environmental and technical safety of coastal and marine infrastructure.

Keywords: Arctic, Arctic Ocean, shelf, tsunami, seismicity, earthquakes.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦУНАМИ ОТ ВЗРЫВА ВУЛКАНА ТОНГА
15 ЯНВАРЯ 2022Г****А.Р. Гиниятуллин**

ORCID: 0000-0002-6383-0998 e-mail: adel.giniyatullin@gmail.com

Р.Х. Мазова

ORCID: 0000-0003-2443-149X e-mail: raissamazova@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

15 января 2022 произошло извержение вулкана на о.Тонга, расположенном вблизи Австралии. Это извержение по данным НАСА было сравнимо со взрывом сотен атомных бомб. После извержения 15 января 2022 года было зафиксировано землетрясение магнитудой 5,8 и волны цунами. По данным многим научным сайтам, высоты волн на побережье Австралии, Японии, Американском Самоа, Новой Зеландии и т.д. лежали в диапазоне 0,5-2м. Прибрежные районы островов Тонга, а в некоторых случаях и целые острова, смыты цунами. Информация о появлении волн цунами после извержения активно муссируется на всех сайтах. Однако, по данным чилийских цунамистов (Centro Ingeniería Mitigación Catástrofes Naturales) на чилийское побережье волны цунами пришли за 4 часа до извержения вулкана. Эта информация была подтверждена мареограммами из ряда пунктов чилийского побережья, присланными нам после данного события. Причем волны были достаточно большие, разрушающие прибрежную зону, и приведшие к ряду смертей людей, оказавшихся на побережье. Какая же возможна причина появления этих волн? Анализ данного события позволяет сделать предположение о возможном оползневом процессе в подводной части вулканического острова, находящегося в Австралийской зоне субдукции. Можно предположить, что при подготовке вулканического процесса, после достижения предельного напряжения, оползень начал свое движение. И это произошло ранее, чем случилось само извержение вулкана. В нашей работе сделан предварительный расчет возможного оползневого процесса в глубоководной части острова Тонга и генерированных им волн цунами. Рассчитано распространение волны цунами до чилийского побережья. Проведено сравнение результатов расчета с данными мареографов на чилийском побережье.

Ключевые слова: землетрясение, цунами, численное моделирование

**NUMERICAL SIMULATION OF THE TSUNAMI FROM THE EXPLOSION OF THE TONGA
VOLCANO ON JANUARY 15, 2022****A.R. Giniyatullin, R.Kh. Mazova**

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

Purpose: The purpose of this work is to study a real event and explain the processes that have occurred.

Design/methodology/approach: The calculation was carried out in the framework of the elastic-plastic model of an underwater landslide and in the framework of the nonlinear equations of shallow water/

Findings: Various areas of the subduction zone located in the Australian region were considered, and areas with a relief that were possible for the localization of a landslide layer were selected. Considering a one-dimensional problem, the possible displacement of a landslide body and the possible generation of a tsunami wave by it are obtained.

Research limitations/implications: This article is the continuation of further research in the waters of the Chilean coast.

Originality/value: The work was carried out within the framework of a landslide model of the earthquake source. The importance of this study lies in the fact that such a phenomenon, which consists in the fact that tsunami waves came to the coast before the explosion of the volcano, has not yet been.

Keywords: earthquake, tsunami, numerical simulation

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАТАСТРОФИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ЮГО-ЗАПАДЕ ЧИЛИЙСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ 1730г

О.И. Казакова

ORCID: 0000-0002-9554-2202 e-mail: Olgak9549@gmail.com

Р.Х. Мазова

ORCID: 0000-0003-2443-149X e-mail: raissamazova@yandex.ru

И.А. Смирнов

ORCID: 0000-0003-4906-0269 e-mail: evan20042004@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Историческое землетрясение и цунами 1730 года были признаны крупнейшими в чилийском регионе с начала письменной истории. Землетрясение разрушило здания вдоль >1000 км побережья и генерировало большое цунами. Оценки магнитуды землетрясения лежат в интервале в Mw 9–9,3. Данные, приведенные в исторических документах по цунами, вызванному этим катастрофическим землетрясением, говорят об огромных разрушениях на чилийском побережье, особенно в прибрежных городах г. Консепсьоне и г. Вальпараисо, где волны на побережьях достигали 9м и 11м соответственно. Параметры очага землетрясения плохо изучены, но, по оценкам из разных источников, очаг землетрясения был протяженностью порядка 600-1000 км вдоль чилийского побережья. В работе было проведено 6 сценариев расчета генерации и распространения волн цунами до 5ти метровой изобаты в зависимости от магнитуды землетрясения и, соответственно, от размеров очага землетрясения. Расчеты были проведены в рамках клавишной модели очага землетрясения, количество блоков в расчетах соответствовало количеству разломов в очаге землетрясения и варьировалось от 3 до 12. Рассматривалась область разрыва коры Земли от 30 до 35гр. Нами проведены расчеты для каждого гипотетического разрыва и проведены сравнения с результатами по историческим данным.

Ключевые слова: землетрясение, цунами, численное моделирование

NUMERICAL SIMULATION OF THE CATASTROPHIC EARTHQUAKE IN THE SOUTH-WEST OF THE CHILEAN COAST OF 1730

O.I. Kazakova, R.Kh. Mazova, I.A. Smirnov

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

Purpose: Studies by a number of scientists have shown that in the near future a catastrophic earthquake is possible in the central part of the Chilean coast, similar to the earthquake of 1730. Therefore, the main goal of the work is to model such a tsunami and evaluate its wave characteristics.

Design/methodology/approach: The calculations were carried out within the keyboard model of the earthquake source, the number of blocks in the calculations corresponded to the number of faults in the earthquake source and varied from 3 to 12. The calculations were carried out within the framework of nonlinear shallow water equations.

Findings: We have carried out calculations for each hypothetical rupture in the earthquake source. Consideration of 6 scenarios with different dynamics of blocks-keys in the earthquake source. For each scenario of obtaining the characteristics of wave fields in the proposed water area. The obtained results are compared with comparable documentary data and data of other authors.

Research limitations/implications: This article is the continuation of further research in the waters of the Chilean coast.

Originality/value: The work was performed within the keyboard model of the earthquake source. The importance of this study lies in the fact that in the near future earthquakes with sources in the central part of the water area in front of the Chilean coast can release significant energy accumulated since 1730, and thus lead to the generation of a catastrophic tsunami.

Keywords: earthquake, tsunami, numerical simulation