

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

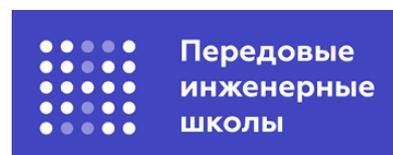
РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАДИОТЕХНИКИ,
ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ им. А.С.ПОПОВА

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–2023

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

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2023

Нижний Новгород, 2023

Информационные системы и технологии - 2023: [Электронный ресурс]: Программа и аннотации докладов XXIX Международной научно-технической конференции – Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2023.

В сборнике представлены материалы докладов XXIX Международной научно-технической конференции ИСТ-2023, посвященной 125-летию основания НГТУ – Нижегородского политехнического института и проведенной 2 июня 2023 г. в составе международной научной мультikonференции ММТТ 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 проводилась 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 8 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, 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: РФЯЦ-ВНИИЭФ, ИПФ РАН, НИИИС им. Ю.Е. Седакова, НИРФИ, 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.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-2023.....	4
АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ.....	15
СЕКЦИЯ 1 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ И МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА.....	15
СЕКЦИЯ 2 ЭЛЕКТРОННЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ.....	38
СЕКЦИЯ 3 ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	60
СЕКЦИЯ 4 ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА	77
СЕКЦИЯ 5 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	90

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

XXIX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» ИСТ–2023

посвященная 125-летию основания НГТУ – Нижегородского
политехнического института



*Пригласительный билет и
программа*

НИЖНИЙ НОВГОРОД 2023

УВАЖАЕМЫЙ КОЛЛЕГА !

Оргкомитет совместно с Дирекцией института радиоэлектроники и информационных технологий НГТУ им. Р.Е. Алексеева приглашают Вас принять участие в работе XXIX Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии – ИСТ-2023», которая состоится **29 мая - 2 июня 2023 года**.

Пленарное заседание **30 мая** в 10-00, аудитория 1313 на открытии Международной научной мультikonференции ММТТ-CyberPhy-ИСТ-2023

Начало работы секций **2 июня** 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 формате мультikonференции в рамках реализации научно-исследовательской политики Программы «Приоритет-2030» и Стратегического проекта Радиоэлектронные системы и комплексы Программ ПИШ НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

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. Научные школы НГТУ им. Р.Е. Алексеева
А.А. КУРКИН, проректор по научной работе, профессор РАН
4. История политеха: от Варшавского политехнического института до НГТУ им. Р.Е. Алексеева (опорного университета)
Т.Ю. ПОЛЯНСКАЯ, директор историко-патриотического центра НГТУ им. Р.Е. Алексеева

СЕКЦИЯ 1
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ И МИКРОВОЛНОВЫЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА
2 июня 10-00 (Ауд. 5427)

Председатели: д.т.н., профессор А.Д. Плужников, д.ф.-м.н., профессор А.С. Раевский
Секретарь: аспирант К.С. Фомина

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РАССЕИВАЮЩИХ СВОЙСТВ АНТЕНН
В ИХ БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ В БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЕ**

Ю.И. Белов

Научно-исследовательский радиофизический институт Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

**РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ИМПУЛЬСНОГО РАДИОСИГНАЛА
ПЕЛЕНГАТОРОМ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МОРСКИХ ПОЛИГОНОВ И СПОСОБЫ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ.**

З.С. Бирюков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАТРИЧНО-
ВЕКТОРНОГО УМНОЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ РАБОТЫ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ
СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ПОГРЕШНОСТИ МЕМРИСТИВНЫХ УСТРОЙСТВ**

И.А. Борданов, С.А. Щаников

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

ИНВЕРСНЫЙ ФИЛЬТР ПОДАВЛЕНИЯ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ СОСТАВНОГО КОДА БАРКЕРА 7×11

Н.М. Демидов, В.А. Съянов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ-ШУМ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

А.В. Зенькович

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**МОДЕЛЬ НАВЕДЕНИЯ ПРОТИВОРАДИОЛОКАЦИОННОЙ РАКЕТЫ НА ЦЕЛЬ, СОСТОЯЩУЮ ИЗ ДВУХ
ИДЕНТИЧНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ**

А.И. Казьмин, А.В. Рябов, П.Ю. Корепанов

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

**СПОСОБ СОВМЕСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МНОГОСЛОЙНЫХ
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ**

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

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ФАЗЫ И АМПЛИТУДЫ ТОКА,
ИЗГИБА АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ЕЕ ДИАГРАММУ НАПРАВЛЕННОСТИ**

А.С. Кузяев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ПРОЛЕТНОГО КЛИСТРОНА

С.Е. Густов, И.М. Летавин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

К.В. Минеев

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

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ АМПЛИТУДНЫХ И ФАЗОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИСТРОНА

И.В. Бандуркин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

И.М. Летавин, К.В. Минеев

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

ПРОБЛЕМЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СУБТЕРАГЕРЦОВЫХ ВОЛН В АТМОСФЕРЕ

К.В. Минеев

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

В.А. Сальков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РАДИОФОТОННЫЙ ФАЗОВЫЙ ПЕЛЕНГАТОР С ИЗМЕРИТЕЛЕМ ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ РАДИОСИГНАЛА

Е.А. Михалицын

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

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ВЫСОТ И МАКЕТА ПОСАДОЧНОГО РАДАРА БПЛА ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

С.Е. Кузнецов, А.А. Кузин, Р.С. Фадеев, К.Д. Логинова, Н.С. Мирошин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРЫ ПРИ СЛУЧАЙНОМ ХАРАКТЕРЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АНТЕННЫ

А.Д. Михайлов, А.В. Мякинков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АНТЕННО-ФИДЕРНАЯ СИСТЕМА РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРА СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Е.Ю. Гайнулина, В.Н. Иконников, Н.С. Корнев, А.В. Назаров

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

РАЗРАБОТКА МИС ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

Д.И. Дюков, И.В. Макарецв

Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Салют»

А.В. Назаров, Р.Р. Османов, Б.Ю. Царев

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК С ПОМОЩЬЮ ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ

М.С. Ольхова, А.С. Раевский

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ОПТИМИЗАЦИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ГИРОТРОННОГО КОМПЛЕКСА

А.А. Орловский, М.Д. Проявин

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

Ю.С. Федосенко

Волжский государственный университет водного транспорта

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛЕНОЧНЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОЙ МОЩНОСТИ

А.В. Пилькевич, В.Д. Садков

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е. Алексеева

ПОГЛОЩАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ АДАПТОАТЕНЮАТОРОВ С БОЛЬШИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТРАНСФОРМАЦИИ

А.В. Пилькевич, В.Д. Садков

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е. Алексеева

ВОПРОСЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТВЕТВИТЕЛЯ ЛАНГЕ С МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫМ ПЕРЕКРЫТИЕМ ПО ЧАСТОТЕ

М.Р. Кириллова

ООО «Радио Гигабит»

Ю.В. Раевская², В.А. Редькина²

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е. Алексеева

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЕЙ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И НЕЙРОННЫХ ПРОЦЕССОРОВ ДЛЯ ПРЕДОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

П.А. Смолин

Институт прикладной физики им. А.И. Гапонова-Грехова РАН»

Ю.С. Федосенко

Волжский государственный университет водного транспорта

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТКЛЮЧАТЕЛЯ САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

П.Д. Хапина, И.Н. Данилов

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

**СЕКЦИЯ 2
ЭЛЕКТРОННЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

2 июня 10-00 (Ауд. 4311)

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

Секретарь: ст. преп. Ю.С. Егоров

АКТУАЛЬНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОКОНТРОЛЯ ЗА УСТАНОВЛЕННЫМ ПОРЯДКОМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

В.А. Безрядин

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

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ГОТОВНОСТИ РЕСУРСА СИСТЕМЫ СВЯЗИ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ НЕПРЕРЫВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

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

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

ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ОЦЕНКЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ СИСТЕМОЙ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

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

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

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УПРАВЛЯЕМОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ ЛЕГИТИМНОСТИ ЦЕНТРОВ УПРАВЛЕНИЯ

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

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

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ СВЯЗИ АВИАЦИОННОГО ФОРМИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Б.И. Волков, Ф.М. Монтенегро

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

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ МНОГОМЕРНОЙ ИНДЕКСНОЙ МОДУЛЯЦИИ (IM) В СЕТЯХ 5G

Т.И. Горячева, С.А. Заглумонин, А.А. Градиленко, Д.Д. Карсаков, В.О. Власов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИННОВАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ю.С. Егоров, С.Н. Рындов, Д.А. Вайнбаум

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СВОБОДНОГО ПРОЦЕССА В РЕЗОНАНСНОЙ ЦЕПНОЙ ЛИНИИ

С.С.Зельманов

Нижегородский Государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ НАЧАЛЬНИКА СЛУЖБЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ АВИАЦИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ

И.Ю. Курьянов

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ СЕТЕЙ 5G

М. А. Морозов

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

МЕТОДЫ И БИБЛИОТЕКИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИМЕНОВАННЫХ СУЩНОСТЕЙ В ТЕКСТЕ (NER), ОСНОВАННЫЕ НА МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ, ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛОКАЦИЙ

И.О. Христофоров, Ю.С. Егоров, Н.Е. Пособилов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ

В.М. Чистобаев, Н.Е. Пособилов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СЕТИ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ

А.В. Рябов

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

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ПО НЕНАДЕЖНОМУ КАНАЛУ

А.В. Семашко, А.Д. Абакшин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ В РАДИОТЕХНИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЛЕТОВ

В.А.Семенов, А.Г. Ивануткин, В.В. Переверзев

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Е.В. Сидорова, Н. И. Большаков.

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ТРЕКЕРА ДЛЯ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Е.В. Сидорова, И. А. Королев

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КАТЕГОРИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВЕБ-СЕРВИСА МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Е.В. Сидорова, Н. И. Чернышов

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Ю.М.Туляков,

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

Л.Р..Кириллов,

Нижегородский государственный технический университет им. Р.А. Алексеева

Д.Е. Шакаров

ПАО «НИТЕЛ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДИК И СПОСОБОВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИНЦИПАХ (ВИДАХ) ЕЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Ю.М. Туляков,

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

А.В. Пронин

АО «Конструкторское бюро «Кунцево»

Д.Е. Шакаров

ПАО «НИТЕЛ»

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЁТОВ АВИАЦИИ

В.С. Федюченко

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

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНЫХ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В «УМНОЙ» ПТИЦЕФАБРИКЕ

Шамасна Хамза

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СЕКЦИЯ 3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (интеллектуальные системы обработки информации, информационная безопасность)

2 июня 10-00 (Ауд. 4403)

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

Секретарь: магистрант М.А. Дубкова

МОДИФИКАЦИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА КВАНТОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМА ВСТРАИВАЕМОГО СООБЩЕНИЯ

А.Д. Белов, В.Ю. Карпычев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ОЦЕНКА УРОВНЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.В. Бузуверя, В.П. Хранилов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

О.М. Кировский, А.С. Королёв

МИРЭА – Российский технологический университет

МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ СИНТЕЗА БИНАЗНАЧЕНИЙ

И.В. Гусев, Ю.С. Федосенко

Волжский государственный университет водного транспорта

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИЩЕННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

М.А. Дубкова, О.П. Тимофеева

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ВИДЕОПОТОКА CSI КАМЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SOC ZYNQ 7000 (Xilinx).

О.Н. Корелин, В.В. Капля, Д.А. Кобляков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ОДНОПЛАТНОМ КОМПЬЮТЕРЕ

О.Н. Корелин, А.Д. Купцов, Д.А. Кобляков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

А.А. Коротышева, С.Н. Жуков

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ В СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОНОМНЫХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ**

А.А. Крит, Е.Д. Кораблев, В.И. Логинов, Ю.С. Федосенко

Волжский государственный университет водного транспорта

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО
ОБСЛУЖИВАНИЮ КООПЕРАТИВНО ОРГАНИЗОВАННОГО ПОТОКА ОБЪЕКТОВ СТАЦИОНАРНЫМ
ПРОЦЕССОРОМ**

А.А. Овчинин, Ю.С. Федосенко

Волжский государственный университет водного транспорта

**ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ТЕСТИРОВАНИЯ
ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ**

Э.С. Соколова, Д. М. Жолобов

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА G-MEANS И ПЕРСЕПТРОНА

О.В. Судаков, Д.В. Дмитриев

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

**ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ
ЗАЩИЩЕННОСТЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ 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)

**ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДБОР СТОХАСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ
АЛГОРИТМОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО РЕШЕНИЯ**

А.В. Черников, В.А. Чеканин

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

СЕКЦИЯ 4

**ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (интеллектуальные системы управления,
информационное моделирование когнитивных процессов, автоматизация
проектирования)**

2 июня 10-00 (Ауд. 5412)

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

Секретарь: доцент П.С. Кулясов

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Р.О. Баринов, В.Е. Гай, Г.Д. Кузнецов, В.А. Голубенко, И.А. Новиков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**О ПРАКТИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ К СОЗДАНИЮ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ
ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

А.О. Боровилов

Волжский государственный университет водного транспорта

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В МНОГОУРОВНЕВЫХ КОРПОРАТИВНЫХ
СИСТЕМАХ**

Д.С. Братухин

НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород

**ОЦЕНКА РИСКОВ ГИБЕЛИ РЕЧНОГО ПАССАЖИРСКОГО ВОДОИЗМЕЩАЮЩЕГО СУДНА ДЛЯ
СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УГРОЗЕ ЗАТОПЛЕНИЯ**

А.В. Валяев, Е.А. Лукина, Ю.С. Федосенко

Волжский государственный университет водного транспорта

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА ПО КУРСУ В СТЕСНЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Р.Э. Галеев

Волжский государственный университет водного транспорта

О ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ И ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЕЙ КРУИЗНОГО ТЕПЛОХОДА

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

Волжский государственный университет водного транспорта

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА СКВОЗНЫХ ГЕНЕРАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ РЕКОНСТРУКЦИИ РЕЧИ

В.А. Голубенко, Р.О. Баринов, В.Е. Гай, Г.Д. Кузнецов, И.А. Новиков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИНФОРМАЦИОННО-СЕНСОРНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ИЕРАРХИЧЕСКИМИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

М.А. Ивлев, Д.Е. Рябов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СЕТЕВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Г.Д. Кузнецов, В.Е. Гай, Р.О. Баринов, В.А. Голубенко, И.А. Новиков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СОСТОЯНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛЕНИЙ

С.А. Манцеров

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АВТОМАТНЫЕ МОДЕЛИ ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Д.С. Мартынов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ

Д.С. Мартынов, И.Э. Шапкина, А.А. Комарова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АВТОМАТНЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ БИОНИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ

Д.С. Мартынов Т.А. Дудукин, Д.С. Голицин, М.Д. Яшнов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ И ИНСТРУМЕНТАРИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТИПОВОГО СЦЕНАРИЯ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ВЫБОРА МОБИЛЬНОГО ГАДЖЕТА ПО ТЕХНИЧЕСКИМ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

С.В. Пономаренко, В.П. Хранилов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ДИНАМИКА ОПРЕДЕЛЕНИЙ НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ (НА МАТЕРИАЛЕ ТЕРМИНОВ ФИЛОСОФИИ)

А.В. Синелева

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГРАФОВЫХ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ СБОРКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ

Н.М. Цветков, П.С. Кулясов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**СЕКЦИЯ 5
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

30 мая 10-00 (Ауд. 1117)

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

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

**АТТРАКТОРЫ ДВУХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОДОБИЯ ПЛОСКОСТИ, УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЕ
СООТНОШЕНИЮ СВЯЗНОСТИ ДЛИНЫ ТРИ**

А.В. Багаев, А.И. Соловьева, Ю.А. Яценко

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ПРЕПРОЦЕССОР ПАКЕТА ПРОГРАММ ЛОГОС. ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ СЕТОК
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКИ**

К.А. Блажнова, О.Н. Борисенко, А.Г. Гиниятуллина, М.В. Кузьменко, Н.В. Попова,

М.В. Черенкова, Н.В. Чухманов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОУДАРЕНИЙ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ТЕЛ МЕТОДОМ СГЛАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

И.Д. Блажнов, Д.Н. Кабаев, Ю.Н. Дерюгин, С.Н. Полищук, Е.И. Рябов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ «ЛОГОС» ВЛИЯНИЯ ДИАМЕТРОВ КАПЕЛЬ
ВОДЫ НА ПРОЦЕСС ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОФИЛЯ КРЫЛА НАСА0012**

Галанов Н.Г., Козелков А.С.

ФГУП «РФЯЦ ВНИИЭФ»

**ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЕТОК В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ РАСЧЕТНЫХ
МОДЕЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКИ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ «ЛОГОС»**

Е.О. Евстифеева, О.Н. Борисенко, Д.М. Панкратов, Т.В. Цалко, А.И. Шавхитдинова

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

**МЕТОДЫ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕТОК ИЗ ПРОИЗВОЛЬНЫХ
МНОГОГРАННИКОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКИ В ПАКЕТЕ
ПРОГРАММ «ЛОГОС»**

М. В. Кузьменко, О. Н. Борисенко, К. А. Блажнова, Т. Е. Тимаева

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЯЧЕЕК ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТРЕУГОЛЬНЫХ СЕТОК В
ПРЕПОСТПРОЦЕССОРЕ ПАКЕТА ПРОГРАММ «ЛОГОС» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АЭРО- И
ГИДРОДИНАМИКИ**

Д.М. Панкратов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРЕБНОГО ВИНТА**

К.С. Плыгунова, А.С. Козелков, В.В. Курулин

ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ТРЕХМЕРНОЕ ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ СО СВОБОДНОЙ
ПОВЕРХНОСТЬЮ С УЧЕТОМ ПРОЦЕССОВ КИПЕНИЯ**

А.Ю. Пузан, А.С. Козелков, В.В. Курулин, Н.В. Тарасова

ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ

**МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АЭРОДИНАМИКИ С ПОДВИЖНЫМИ ГРАНИЦАМИ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ
«ЛОГОС»**

А.В. Саразов, А.С. Козелков, Р.Н. Жучков

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

**ГИБРИДНЫЙ МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
ЦУНАМИОПАСНОСТИ**

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ

ПРОЯВЛЕНИЕ ЦУНАМИ В УСТЬЯХ РЕК

И.С. Костенко

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

**ЦУНАМИ ВБЛИЗИ ОСТРОВА САХАЛИН
ОТ ОПОЛЗНЯ В КУРИЛЬСКОЙ ВПАДИНЕ**

Д.А.Окунев, Р.Е. Мазова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

МЕТОД НЕСТАЦИОНАРНОЙ АНАЛОГИИ В ЗАДАЧЕ О КАТАМАРАНЕ

Ю.Ф.Орлов, А.М.Сидельников, В.Д.Шудрик,Т.Н.Яковлева

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

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

Пак А. Х.

ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований
Дальневосточного отделения Российской академии наук
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАКЕТОВ
ВНУТРЕННИХ ВОЛН НАД ДОННЫМ УСТУПОМ В ТРЕХСЛОЙНОЙ ЖИДКОСТИ**

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА
АВТОНОМНЫМИ ДОННЫМИ РЕГИСТРАТОРАМИ ВОЛНЕНИЯ**

А.И. Сидоренко

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований ДВО РАН
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ
И ВОЗМОЖНЫХ ЦУНАМИ В АРКТИКЕ**

М. С. Винокуров, Р. Х. Мазова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРЕННИХ ВОЛН В БАЛТИЙСКОМ МОРЕ

М.В. Кокоулина, С.А. Епифанов, И.В. Кокоулин, А.А. Барыкина

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

**СРАВНЕНИЕ ДИСПЕРСИИ УКЛОНОВ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИЗМЕРЕННЫХ РАДИОЛОКАТОРАМИ КА
И X ДИАПАЗОНА**

Д.А.Ковалдов, Ю.А. Титченко, М.С.Рябкова, В.Ю.Караев, К.А.Понур, Е.М.Мешков, Э.М.Зуйкова

Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук

**МЕТОДЫ ОЦЕНКИ РАССЕЙВАЮЩИХ СВОЙСТВ АНТЕНН
В ИХ БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ В БЕЗЭХОВОЙ КАМЕРЕ**

Ю.И. Белов

ORCID: 0009-0008-9275-8818 e-mail: yuri.belov2009@yandex.ru

Научно-исследовательский радиофизический институт Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

В работе рассмотрены методические особенности обработки сигналов на входах антенн, исследуемых в безэховых антенных полигонах, которые могут быть использованы для оценки рассеивающих свойств антенных решеток, в том числе больших электрических размеров и в широком диапазоне длин волн при наличии в них соответствующих планарных сканеров для измерений в ближней зоне антенн. Измеренные S-параметры векторных анализаторов цепей на входе антенны-зонда очищаются в процедуре комплексного вычитания распределения сигналов фонового отражения от поверхностей БЭК, окружающих антенны. Анализируется поведение временных рядов измеренных данных, а также их влияние на пространственное распределение полей рассеяния антенн.

Ключевые слова: антенные решетки, антенное рассеяние, структурное рассеяние, безэховые камеры, векторные анализаторы цепей

**METHODS FOR EVALUATING THE SCATTERING PROPERTIES OF ANTENNAS
IN THEIR NEAR ZONE IN AN ANECHOIC CHAMBER**

Yu. I. Belov

Radiophysical Institute of National Research Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod

Purposes: Obtaining data on the characteristics of antenna scattering fields in the measurement procedures in the antennas near zone of signal reflections at the inputs of vector network analyzers (VNA). Development of data processing techniques and investigation of their features in the study of scattering fields of antenna arrays operate in the decimeter wavelength range.

Design/methodology/approach: During the studying of antennas characteristics by means of the procedure for measuring their radiation in the near zone of the antenna, anechoic cameras, antenna probes and modern VNA are used. The measured S-parameters of the VNA at the antenna-probe input are cleared in the procedure of complex subtraction of the distribution of background reflection signals from the anechoic chamber structures surrounding the antennas. The behavior of time series of measured data is analyzed, as well as their impact to the spatial distribution of antenna scattering fields. The methods of calculating antenna scattering patterns based on the results of measurements of S-parameters are considered.

Findings: The effects of the interaction of the probe antenna (AP) and the antenna under test (AUT) are taken into account not as components of measurement errors, but as a source of information about the scattering fields of AUT, which significantly expands the description of the characteristics of AUT.

Research limitations/implications: The use of antenna arrays (AA) as antennas, including phased AA, in the DM – MM wavelength ranges in modern methods and techniques of signal processing improves the system characteristics of the electronic systems. However, even antenna arrays with a small number of antenna elements, often used in radio vision systems, medical equipment, and anti-terrorist control, could cause problems of their experimental study associated with the interaction of the probe antenna with AR elements.

Originality/value: Methodological features of signal processing at the antenna inputs that make up anechoic antenna testing ranges can be used to evaluate the scattering properties of antenna arrays, including large electrical sizes and in a wide range of wavelengths by the use of appropriate planar scanners for measurements in the near zone of the antennas.

Key words: antenna arrays, antenna scattering, structural scattering, anechoic chambers, vector network analyzers

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ИМПУЛЬСНОГО РАДИОСИГНАЛА ПЕЛЕНГАТОРОМ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МОРСКИХ ПОЛИГОНОВ И СПОСОБЫ ЕЕ УВЕЛИЧЕНИЯ.

З.С. Бирюков

ORCID: 0009-0006-8668-0183 e-mail: biryukovzakharsergeevich@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева г. Нижний Новгород.

При проведении испытаний в условия морских полигонов, в ходе которых необходимо с помощью радиопеленгатора определить местоположения радиомаяка, возникает проблема обнаружения последнего при волнении моря. В данной работе проведен расчёт параметров радиомаяка, для определения работоспособности радиоканала радиомаяк-радиопеленгатор с помощью метода Шулейкина-Ван-дер-Поля. Расчет вероятности обнаружения радиомаяка в условиях морских полигонов был проведён с помощью САПР «RadioMobile» совместно с задействованием программного модулем “Sea Swell”.

Ключевые слова: радиопеленгатор, радиомаяк, вероятность обнаружения сигнала радиомаяка.

CALCULATION OF THE PROBABILITY OF DETECTING THE SOURCE OF A PULSED RADIO SIGNAL BY A DIRECTION FINDER IN REAL CONDITIONS OF MARINE POLYGONS AND WAYS TO INCREASE IT.

Biryukov Z.S

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev – Nizhny Novgorod

Purpose: The author proposes to calculate the main parameters of the beacon, confirming the operability of the radio channel beacon – direction finder and the probability of detecting a beacon at a distance of three kilometers, drifting in the open sea, using CAD

Design / methodology / approach: The article calculates the beacon -direction finder communication channel by the Shuleikin-Van der Pol method. According to the calculation results, the author presents the dependences of the electric field strength on the distance between the emitter and the receiver both during propagation in free space and taking into account the influence of the sea surface. The article also provides a calculation of the probability of detecting a beacon drifting in the open sea using CAD. According to the results of calculations, the author presents the dependences of how changes in the height of the receiving antenna installation at the ship's measuring point (from 3 to 24 m) affect the maximum detection zone of the beacon in conditions of sea rolling.

Findings: Thus, the calculation showed the operability of the beacon – direction finder radio channel when the direction finder antenna is located above the surface level at a distance of 3000 m at a height of at least 3 m. Ways to solve the problem arising from the detection of the beacon signal when the sea is flooded are proposed.

Research limitations/implications: The calculation was carried out for a direction finder, which is used mainly in aviation. Despite this, the results of calculations show the direction of development of the navigation direction-finding system, to increase the probability of detecting a beacon signal in conditions of sea rolling.

Originality/value: The value of the entire article lies in the fact that the calculation of the detection of the signal emitted by the radio beacon is carried out for the conditions of sea rolling. Research directions are given to increase the probability of detecting a radio beacon signal.

Key words: radio-direction finder, radio lighthouse, the probability of detecting a beacon signal

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ МАТРИЧНО-ВЕКТОРНОГО УМНОЖЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ
ТОЧНОСТИ РАБОТЫ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ
ПОГРЕШНОСТИ МЕМРИСТИВНЫХ УСТРОЙСТВ**

И.А. Борданов

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

С.А. Щаников

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

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

В настоящее время многие научные коллективы считают мемристивные устройства одними из наиболее перспективных компонентов для реализации весов синапсов нейронов при аппаратном аналоговом исполнении искусственных нейронных сетей (ИНС). Данное мнение базируется на том, что мемристивные устройства имеют сходство с биологическими синапсами и нейронами по динамике функционирования и электрическим характеристикам.

При реализации ИНС на базе мемристивных устройств (ИНСМ) мемристоры объединяются в массивы называемые кроссбарами для эффективного выполнения вычислений в памяти.

Однако несмотря на все свои преимущества мемристивные устройства имеют ряд недостатков, которые связаны с несовершенством технологии их производства и соответственно вносят погрешность в вычислении матрично-векторного умножения (МВУ), как одной из наиболее важных операций, выполняемых в процессе функционирования ИНС. В связи с этим точность работы ИНСМ может значительно отличаться от программно реализованной ИНС, на параметрах которой она базируется.

В докладе будет рассмотрено влияние погрешности вычисления матрично-векторного умножения на точность работы ИНСМ с применением методологии имитационного моделирования.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ СП-3988.2022.5.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, матрично-векторное умножение, мемристоры, имитационное моделирование

**INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING SIMULATION OF MATRIX-VECTOR
MULTIPLICATION TO ASSESS THE ACCURACY OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN
TERMS OF THE ERROR OF MEMRISTIVE DEVICES**

I.A. Bordanov, S.A. Shanikov

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

Purpose: This article proposes a methodology for assessing the impact of errors in the calculation of matrix-vector multiplication (MVM) on the accuracy of an artificial neural network (ANN) based on memristive devices (ANNM).

Design/methodology/approach: Initially, we extract the weights from the ANN and determine their spread, taking into account the errors of the memristive devices. The obtained spreads of weights are used in the process of simulation of the MVM to determine its error. Then the data obtained are used to assess the accuracy of the ANNM, taking into account these errors.

Findings: As a result of this work, a methodology was developed for calculating the accuracy of the ANNM based on the data on the errors of the MVM. This technique was demonstrated on the example of an ANN trained to solve the problem of image classification.

Research limitations/implications: Simulation is one of the most powerful research tools for ANNM.

Originality/value: This technique can be used at the design stage of the ANNM, allowing you to evaluate the quality of its work without experimenting with real memristors, which can help save time and money.

Keywords: artificial neural networks, matrix-vector multiplication, memristors, simulation

ИНВЕРСНЫЙ ФИЛЬТР ПОДАВЛЕНИЯ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ СОСТАВНОГО КОДА БАРКЕРА 7×11

Н.М. Демидов

ORCID: 0009-0009-2051-5363 e-mail: ocn1999@mail.ru

В.А. Сьянов

ORCID: 0000-008-6651-3833 e-mail: suanov51@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе предложен алгоритм обработки бинарного фазоманипулированного (ФМ) составного сигнала на основе кодов Баркера 7×11 при помощи инверсных фильтров подавления боковых лепестков. Целью исследования является повышение длительности и динамического диапазона по полезному сигналу для увеличения дальности действия РЛС и возможности обнаружения слабых целей на фоне интенсивных сигналов и помех. Исследование осуществлено на ФМ сигнале манипулированном составным кодом Баркера 7×11 элементов. Для заданного кода проведено моделирование в среде математической разработки Matlab и при помощи пакета Simulink. Сложность исследования заключается в ограничении вычислительных возможностях пакета моделирования. Были разработаны структурная и функциональная схемы инверсных фильтров для данной последовательности. Проведены расчеты потерь, вносимых неоптимальностью обработки в отношении сигнал-шум, а также выполнены измерения динамического диапазона по полезному сигналу.

Ключевые слова: фазовая манипуляция, код Баркера, инверсный фильтр, отношение сигнал-шум, динамический диапазон.

INVERSE SIDELobe SUPPRESSION FILTER OF COMPOSITE BARKER CODE 7×11 ELEMENTS

N.M. Demidov, V.A. Suanov

Nizhny Novgorod State Technical University named Alekseev, N. Novgorod

Purpose: The author provides an algorithm for processing a binary phase-shift keyed (PM) composite signal based on 7×11 Barker codes using inverse side-lobe suppression filters.

Design / methodology / approach: The study was carried out on a FM signal manipulated by a composite Barker code of 7×11 elements. For a given code, modeling was carried out in the Matlab mathematical development environment and using the Simulink package.

Findings: Structural and functional schemes of inverse filters for this sequence were developed. Calculations of the losses introduced by non-optimal processing in the signal-to-noise ratio were carried out, and measurements of the dynamic range were made on the basis of the useful signal.

Research limitations/implications: The complexity of the study lies in the limitation of the computational capabilities of the modeling package.

Originality/value: The purpose of the study is to increase the duration and dynamic range of the useful signal to increase the range of the radar and the possibility of detecting weak targets against the background of intense signals and interference.

Key words: phase shift keying, Barker code, inverse filter, signal-to-noise ratio, dynamic range.

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Приведены примеры систем, для которых отношение сигнал/шум является одним из важных показателей качества. Цель исследования – решение актуальной проблемы измерения отношения сигнал/шум в широком диапазоне частот, упрощение требований к средствам измерений, повышение их технических и метрологических характеристик. Теоретически обоснован новый принцип измерения отношения сигнал-шум, состоящий в установлении точных связей этого отношения с параметрами шумовой амплитудной, фазовой и частотной модуляции сигнала. Тем самым строго доказана правомерность использования измерителей модуляции в качестве измерителей отношения сигнал-шум. При этом сигнал и шум не разделяются и отдельно не измеряются. Наличие точных связей обуславливает отсутствие методических погрешностей измерения. Имеются три варианта реализации разработанного принципа измерения, в них используется один прибор промышленного выпуска – измеритель модуляции и обеспечен прямой отсчет отношения сигнал/шум. В двух из них нет ограничений по происхождению и виду шума. С учетом однозначной связи фазовой и частотной модуляции фактически экспериментально проверены все варианты реализации нового принципа.. Проведено математическое моделирование разработанного принципа измерения отношения сигнал-шум в программном пакете Mathcad, даны рекомендации по его использованию. Главные достоинства нового принципа– предельно простая реализация с помощью одного промышленного прибора и решение проблемы метрологического обеспечения режима измерения отношения сигнал-шум за счет его полного совпадения с основным режимом измерителей модуляции, метрологическое обеспечение которого осуществлено в рамках существующих государственных поверочных схем, Основные технические и метрологические характеристики измерителей отношения сигнал-шум, которые можно получить, определяются параметрами существующих измерителей модуляции и являются высокими. Это широкий (до 26 ГГц) диапазон частот и малая (8%) погрешность измерения.

Ключевые слова: электронные измерения, отношение сигнал/шум, новый принцип, прямое измерение, предельная простота реализации, малые погрешности, метрологическое обеспечение

MEASUREMENT OF SIGNAL-TO-NOISE RATIO IN WIDE FREQUENCY BAND

A.V. Zenkovich

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

Examples of systems, for which signal-to-noise ratio is one of the important qualitative indicators, are given. The aim of the investigation is to solve the actual problem of signal-to-noise ratio measurement in a wide range of frequencies, simplify instruments and to improve their technical and metrological parameters. A new principle of signal-to-noise ratio measurement has been proposed, its theoretical foundation has been given. Precise relationship between the signal-to-noise ratio and the parameters of noise amplitude, phase and frequency modulation has been established, thus modulation meters can measure signal-to-noise ratio. There are three options for implementing the developed measurement principle. All of them use one existing industrial modulation meter and provide direct signal-to-noise ratio. For two options there are no restrictions on the origin and type of noise, it may be arbitrary. A pilot test of the measurement principle was conducted, and three implementation options were actually tested.. Mathematical modeling of the new principle of signal-to-noise ratio measurement in Mathcad software package was also carried out. Recommendations on the use of the new principle are given. The fundamental advantages of the developed principle consist of simple implementation by a single industrial instrument and solving the problem of metrological ensuring of signal-to-noise measuring instruments using the existing state verification plans. The main technical and metrological characteristics obtained by using the new principle are determined by parameters of modulation meters and are proven to be high, the frequency range is till 26,5 GHz, the measurement error is as low as 8%.

Keywords: electronic measurements, signal-to-noise ratio, new principle, direct measurement, extreme realization simplicity, small error, metrological ensuring.

**МОДЕЛЬ НАВЕДЕНИЯ ПРОТИВОРАДИОЛОКАЦИОННОЙ РАКЕТЫ НА ЦЕЛЬ,
СОСТОЯЩУЮ ИЗ ДВУХ ИДЕНТИЧНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ**

А.И. Казьмин

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

А.В. Рябов

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

П.Ю. Корепанов

ORCID: 0009-0008-8599-4644 e-mail: korep@yandex.ru

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

Представлена математическая модель процесса наведения противорадиолокационной ракеты на цель, состоящую из двух идентичных мерцающих радиолокационных станций. Отличием предложенной модели является включение в контур наведения противорадиолокационной ракеты оптимального фильтра-идентификатора-экстраполятора, реализующего алгоритм оптимальной фильтрации входного кусочно-непрерывного процесса случайной структуры и являющегося устройством помехозащиты головки самонаведения. Модель обеспечивает оценку процесса наведения противорадиолокационной ракеты на цель в условиях, приближенных к их реальному применению на практике, что позволяет в дальнейшем выработать конкретные технические мероприятия противодействия им.

Ключевые слова: противорадиолокационная ракета, наведение, радиолокационная станция, алгоритм оптимальной фильтрации, фильтр-идентификатор-экстраполятор

**MODEL OF AIMING AN ANTI-RADAR ROCKET ON A TARGET CONSISTING
OF TWO IDENTICAL RADAR STATIONS**

A. I. Kaz'min, A. V. Ryabov, P.Yu. Korepanov

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: development of a mathematical model of the process of aiming an anti-radar missile at a target consisting of two identical flickering radar stations, taking into account the interruption of their radiation.

Design/methodology/approach: the model is implemented on the basis of linear filtering algorithms for a random Markov process with jointly observable and unobservable transitions between its states. The synthesized algorithms are equations for stationary modes (a mode in which at least one radar station emits and a radio silence mode) and equations for transitions between stationary modes.

Findings: A mathematical model of the process of aiming an anti-radar missile at a radar station, which is part of an opposing ground-based radar target from two identical flickering radar stations, has been developed. The model implements a device for optimal processing of measurements, based on a filter-identifier-extrapolator that determines the potential accuracy of missile guidance in conditions of radio countermeasures to the ground system. The developed filtering algorithms make it possible to evaluate the potential accuracy of pointing a promising anti-radar missile with increased noise immunity and to find the lower limit of its miss variance.

Research limitations/implications: the present article provides a starting-point for further research in the methods of countering anti-radar missiles.

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: anti-radar missile, guidance, radar station, optimal filtering algorithm, filter-identifier-extrapolator.

**СПОСОБ СОВМЕСТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
МНОГОСЛОЙНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ**

А.И. Казьмин

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

П.А. Федюнин

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

В.А. Манин

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

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

Представлен радиоволновой способ совместных измерений комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей, а также толщин слоев многослойных диэлектрических и магнитодиэлектрических материалов и покрытий. Способ основан на решении обратных задач по восстановлению структуры электрофизических параметров исследуемых многослойных материалов и покрытий по частотной зависимости коэффициента ослабления поля поверхностной медленной электромагнитной волны. Согласно результатам имитационного моделирования и экспериментального исследования многослойного диэлектрического покрытия, при ширине полосы частот измерений 1 ГГц погрешности оценок диэлектрических проницаемостей и толщин слоёв составляют не более 10 % с доверительной вероятностью 0,95 при среднем квадратическом отклонении уровня шума 0,003–0,004.

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

**METHOD OF JOINT MEASUREMENTS OF ELECTROPHYSICAL PARAMETERS
OF A MULTILAYER DIELECTRIC AND MAGNETODIELECTRIC
MATERIALS AND COATINGS**

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

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: the purpose of this paper is to develop a method for local evaluation of the complex dielectric and magnetic permeabilities and the thickness of multilayer dielectric and magnetodielectric coatings on a metal substrate in a single measurement cycle, using surface electromagnetic waves of the microwave range, providing an increase in their accuracy and reliability estimates.

Design/methodology/approach: the method is based on solving inverse problems to determine the complex dielectric and magnetic permeabilities and the thickness of the coatings from the frequency dependences of the field complex attenuation coefficient of the surface electromagnetic wave excited in the sample under study. In contrast to the known methods, the imaginary part of the complex attenuation coefficient is additionally measured.

Findings: we present the results of a study that have made it possible to substantiate the method of nondestructive testing for the complex dielectric and magnetic permeabilities, as well as the thickness of multilayer dielectric and magnetodielectric coatings on a metal substrate using surface electromagnetic waves of the microwave range excited in the sample under study. Numerical and field experiments have shown that in the measurement frequency band of 9–13.5 GHz, the developed method ensures the estimation of the complex dielectric permeabilities, complex magnetic permeabilities and thickness of multilayer coatings with an error of no more than 10% with a confidence level of 0.95.

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.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ ФАЗЫ И АМПЛИТУДЫ ТОКА,
ИЗГИБА АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ЕЕ ДИАГРАММУ НАПРАВЛЕННОСТИ**

А.С. Кузьяев

ORCID: 0009-0005-6266-3955 e-mail: admiral.2014@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В работе проведен сравнительный анализ диаграмм направленности пятиэлементной линейной антенной решетки с элементами вида $\sin(\varphi)$ при изменении фазы и амплитуды тока, изгиба поверхности антенной решетки. На основе сравнения делаются выводы о влиянии на параметры диаграммы направленности, такие как ширина главного лепестка и уровень боковых лепестков. Построения диаграмм производятся на основе математического моделирования в среде Mathcad15 с помощью полученного выражения, учитывающего разности фаз между соседними элементами как для плоской, так и для решетки изогнутой формы с учетом изменения направления максимумов элементов.

Ключевые слова: антенная решетка, диаграмма направленности, ширина главного лепестка, уровень бокового лепестка, фаза, амплитуда, изгиб.

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CHANGES IN THE PHASE AND AMPLITUDE OF
THE CURRENT, THE BENDING OF THE ANTENNA ARRAY ON ITS DIRECTIONAL
PATTERN**

A.S. Kuziaev

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

Purpose: The author conducts a comparative analysis of the radiation patterns of a five-element linear antenna array with elements of the type $\sin(\varphi)$ with a change in the phase and amplitude of the current, bending of the antenna array surface.

Design / methodology / approach: In the article, the width of the main lobe and the level of the side lobes are chosen as a criterion for comparing directional diagrams. The diagrams are constructed on the basis of mathematical modeling in the Mathcad15 environment based on the obtained expression that takes into account the phase differences between neighboring elements, both for a flat and for a curved lattice, taking into account the change in the direction of the maxima of the elements.

Findings: The article draws conclusions about the influence of changes in the phase and amplitude of the current, bending of the antenna array surface on the parameters of the radiation pattern.

Research limitations/implications: The study is limited to mathematical modeling. Nevertheless, the results obtained can be used to develop algorithms for correcting the radiation pattern when scanning space with antenna arrays.

Originality/value: Antenna arrays currently remain the subject of active research. The article has done laborious work, which can be a good help for further research, especially for radio navigation and radiolocation.

Key words: antenna array, directional pattern, main lobe width, side lobe level, phase, amplitude, bending.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ПРОЛЕТНОГО КЛИСТРОНА

С.Е. Густов¹

ORCID:0009-0005-5740-7498 e-mail: semengustov@mail.ru

И.М.Летавин¹

ORCID: 0009-0002-2538-1535 e-mail: ivan_letavin_02@mail.ru

К.В. Минеев^{1,2}

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

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

²Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук

Мощные приборы вакуумной СВЧ электроники (магнетроны, клистроны и т.п.) требуют наличия высоковольтного импульсного модулятора, осуществляющего подачу импульса отрицательного напряжения на катодный узел с заданной периодичностью. Как правило, такие модуляторы основаны на разряде батареи конденсаторов формирующей линии по приходу внешнего управляющего сигнала на ключевой элемент (тиратрон) с последующим зарядом в промежутке между импульсами. Все однозначно, когда нагрузкой выступает СВЧ генератор, но в случае усилительного прибора необходима синхронизация момента подачи импульса входного СВЧ сигнала с моментом подачи высоковольтного импульса. В докладе описывается разработка автоматизированной системы удаленного управления модулятором пролетного клистрона КИУ-111 и реализация возможности синхронизации модулятора с другими аппаратными средствами из состава фотоинжекторного комплекса, создаваемого в ИПФ РАН.

Ключевые слова: автоматизация, синхронизация, клистрон, фотоинжектор.

AUTOMATION OF THE PULSED POWER SUPPLY OF THE KLYSTRON

S.E. Gustov¹, I.M. Letavin¹, K.V. Mineev^{1,2}

¹Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (NNSTU), Nizhny Novgorod

²A.V. Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences (IAP RAS),
Nizhny Novgorod

Purpose: The report proposes a method for implementing an algorithm for remote control of the modulator of the klystron KIU-111, which is used as part of the accelerator section of the photoinjection complex being created at the IAP RAS.

Algorithm: Remote control of the operation of the modulator nodes is carried out from a remote terminal via Ethernet using the software developed by the authors. In real time, in automatic mode, the program maintains the specified operating mode of the klystron and, in the presence of failures, issues a warning or safely stops operation.

Conclusions: In high-power amplifying devices, it is necessary to synchronize the moment of applying the pulse of the input microwave signal with the moment of applying the high-voltage pulse of the modulator. The report presents the klystron modulator synchronization algorithm, its technical implementation, and also evaluates the advantages and disadvantages of the proposed algorithm.

Limitations/consequences in the study: For accurate synchronization, it is necessary to take into account the delays in the formation and execution of control commands, the delay in the transmission lines, and the delays associated with the propagation of the microwave signal in the waveguides.

Originality/significance: The proposed remote control algorithm is applicable to a wide class of powerful pulsed microwave amplifiers used both in electron accelerators and in other technological applications.

Key words: automation, synchronization, klystron, photoinjector.

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ АМПЛИТУДНЫХ И ФАЗОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИСТРОНА

И.В. Бандуркин¹

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

И.М. Летавин²

ORCID: 0009-0002-2538-1535 e-mail: ivan_letavin_02@mail.ru

К.В. Минеев^{1,2}

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

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

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

Многочисленные фундаментальные исследования основаны на использовании плотных коротких сгустков ускоренных электронов с полным зарядом в сотни пКл и средней энергией частиц порядка десяти МэВ. Эффективным средством получения таких сгустков является использование фотоинжекторного ускорителя, в котором электроны, эмитированные с холодного катода под действием короткого мощного лазерного импульса с высокой энергией фотонов, разгоняются сильным СВЧ полем в резонансной ускоряющей структуре. Для накачки этой структуры и достижения большой амплитуды ускоряющего СВЧ поля традиционно используются пролетные усилительные клистроны. Для стабильной инжекции частиц с катода именно в ускоряющую фазу СВЧ поля необходима точная фазовая синхронизация фотоэмиссионного лазера с СВЧ сигналом на выходе клистрона. В фотоинжекторе такая синхронизация обеспечивается с СВЧ сигналом, запитывающим клистрон, поэтому необходимы средства контроля фазовых искажений, вносимых клистроном. В докладе предлагаются методы измерения амплитуды и фазы СВЧ излучения клистрона, а также анализируются варианты их технического исполнения для осуществления контроля в реальном времени.

Ключевые слова: фотоинжектор, ускоритель электронов, усилительный клистрон, амплитудное и фазовое детектирование СВЧ-колебаний.

CIRCUIT DEVELOPMENT FOR MEASURING KLYSTRON AMPLITUDE AND PHASE CHARACTERISTICS

I.V. Bandurkin¹, I.M. Letavin², K.V. Mineev^{1,2}

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

²Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (NNSTU), Nizhny Novgorod

Purpose: The report proposes methods for measuring the amplitude and phase of microwave radiation and analyzes their technical design options for controlling in real-time.

Design/methodology/approach: It is proposed to measure the klystron phase shifting using a circuit with quadrature channels - a small part of the microwave oscillations from the amplifier gets into two channels, where in the first channel is mixed with the input klystron radiation with constant phase, and in the second channel is mixed with the quadrature signal (the phase shifted by 90 degrees). Then a constant component is extracted from both channels, and the function of phase change is calculated. On the other hand, this algorithm can be implemented using the mathematical calculations of the complex envelope when processing the oscillograms registered by a digital oscilloscope.

Findings: The report presents the optimal from the technical and economic efficiency way of realization of the microwave circuit for measuring amplitude and phase characteristics. A comparative evaluation of hardware and software processing methods has been carried out.

Research limitations/implications: Availability of an oscilloscope bandwidth of at least 2,5 GHz or an analog circuit for microwave quadrature detection.

Originality/value: The proposed measurement circuit can be useful in many applications where powerful pulsed microwave devices are used.

Keywords: photoinjector, electron accelerator, amplifying klystron, amplitude and phase detection of microwave radiation.

Субтерагерцовый частотный диапазон широко используется для радиоастрономических наблюдений и является перспективным для построения систем связи нового поколения, так как позволяет реализовать высокие скорости передачи данных за счет расширения рабочей полосы частот. Благодаря короткой длине волны размеры антенных устройств и приемо-передающих трактов могут быть малогабаритными и обладать большей помехозащищенностью по сравнению с длинноволновыми устройствами. Однако распространение субТГц волн в атмосфере обладает рядом особенностей: молекулярным поглощением в атмосферных газах, рассеиванием на гидрометеорах (дождь, снег, туман), турбулентных вихрях и т.п. Очевидно, что для протяженных линий связи при выборе рабочего диапазона необходимо опираться на окна прозрачности атмосферы – частотные полосы с минимальным затуханием ($\lambda = 3$ мм; 2 мм; 1,3 мм). Определение атмосферного поглощения в том или ином окне прозрачности в конкретной местности является крайне важной и актуальной задачей, требующей создания специальных исследовательских инструментов, о принципах и устройстве работы которых ведется речь в докладе.

Ключевые слова: субТГц диапазон, окна прозрачности, атмосферное поглощение.

PROBLEMS OF PROPAGATION OF SUBTERAHERTZ WAVES IN THE ATMOSPHERE

K. Mineev^{1,2}, V. Salkov²

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

²Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (NNSTU), Nizhny Novgorod

Purpose: The report analyzes the advantages and disadvantages of using the sub-THz frequency range for telecommunications and radio astronomical applications and evaluates atmospheric absorption in millimeter windows of atmospheric transparency.

Design / methodology / approach: A scheme of a sub-THz radiometric complex for researching atmospheric absorption in the 1.3 mm window of atmospheric transparency is proposed. Special attention should be paid to the choosing of uncooled low-noise amplifiers (LNA), microwave insulators and construction of modulator.

Findings: Optimal way of realization of portable sub-THz radiometric complex from the technical and economic efficiency is uncooled three-stage tuned radio frequency (TRF) receiver, which preserves stable characteristics in the long cycle of measurements (not less than one year).

Research limitations/implications: The main technical limitation is the high noise figure (more than 6 dB) of commercially available low-noise amplifiers operating above 170 GHz, as well as the high insertion losses in the isolators.

Originality/value: Developed radiometer in except to radio astronomical applications will be successfully used to solving problems of places assessment for the construction of wireless sub-THz communication systems where significant signal attenuation in the atmosphere has an important role.

Keywords: sub-THz band, transparency windows, atmospheric absorption.

РАДИОФОТОННЫЙ ФАЗОВЫЙ ПЕЛЕНГАТОР С ИЗМЕРИТЕЛЕМ ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ РАДИОСИГНАЛА

Е.А. Михалицын

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

Филиал РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им.Ю.Е. Седакова», г. Нижний Новгород

В работе предложен способ одновременного измерения угла пеленга и доплеровского сдвига частоты радиосигнала радарных систем, основанный на радиофотонных технологиях и реализуемый на коммерчески доступной элементной базе. Схемотехнически измеритель основан на принципах построения, аналогичных для волоконно-оптических систем связи, и состоит из лазера, оптического модулятора и фотодетектора. Приходящий от движущегося лоцируемого источника радиочастотный сигнал и опорный сигнал подаются на входы двух параллельно включенных двойных параллельных модуляторов Маха-Цендера. Частота биений эхо-сигнала локации и опорного сигнала, представленных в форме боковых частот оптической несущей, выделяется на фотодетекторе в форме низкочастотного электрического сигнала. Доплеровский сдвиг частоты и угол пеленга определяются непосредственно по частоте биений и уровню мощности полезного электрического сигнала с применением анализатора спектра. В работе представлена математическая модель радиофотонного измерителя. Предложена методика калибровки измерителя для минимизации влияния уровня мощности СВЧ сигнала локации на результаты измерения угла пеленга.

Ключевые слова: радиофотоника, фазовый пеленгатор, измеритель доплеровского сдвига частоты.

MICROWAVE PHOTONICS-BASED SYSTEM FOR ANGLE-OF-ARRIVAL AND DOPPLER FREQUENCY SHIFT MEASUREMENT

E.A. Mihalitsyn

Branch of Federal State Unitary Enterprise «Russian Federal Nuclear Center - All-Russian Scientific-Research Institute of Experimental Physics» «Scientific-Research Institute of Measuring Systems named after Yu.E. Sedakov», Nizhny Novgorod

Purpose: The microwave photonics-based approach for simultaneously measuring both angle-of-arrival and Doppler frequency shift using commercially available components is presented here.

Design / methodology / approach: The design of the measuring system is similar to fiber optic link consisting of a laser, an optical modulator and a photodetector. The incoming microwave signal from the moving object and reference signal are applied to the structure of two parallel optical double-parallel Mach Zehnder modulators. Beating of the echo and reference signals sidebands at the photodetector generates a low-frequency electrical signal. The Doppler frequency shift and the angle-of-arrival can be determined from the frequency and the power of the low-frequency electrical signal measured on an electrical spectrum analyzer.

Findings: The calibration method for minimizing of the angle-of-arrival dependence from the power of echo-signal is proposed in the paper.

Research limitations/implications: The proposed approach could not be used for very low angle-of-arrival measurements due to approach peculiarities.

Originality/value: The microwave photonics-based system for angle-of-arrival and Doppler frequency shift measurement could be used in simple, low-cost and wide operating bandwidth radars.

Key words: microwave photonic, angle-of-arrival measurement, Doppler frequency shift measurement.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ВЫСОТ И МАКЕТА ПОСАДОЧНОГО РАДАРА БПЛА ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ**А.В. Мякинков**

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

С.Е. Кузнецов

ORCID: 0000-000X-XXXX-2XXe-mail: aaaaalXX2@mail.ru

А.А. Кузин

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

Р.С. Фадеев

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

К.Д. Логинова

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

Н.С. Мирошин

ORCID: 0009-0006-5092-0368 e-mail: miroshin_n3@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для обеспечения безопасной посадки БПЛА в условиях ограниченной видимости необходима оценка профиля высот площадки. Такая оценка может быть получена при помощи малогабаритного радара с трехкоординатной антенной решеткой (АР), обеспечивающей обзор области под БПЛА в заданном секторе углов. Известные образцы зарубежного производства (Ainstein, Roke) не обладают разрешающей способностью по угловым координатам. Для решения поставленной задачи в НГТУ разрабатываются варианты построения фазированных АР диапазона 76...77 мм с формированием лучей одновременно за счет топологии антенны и цифровым способом. Предлагается алгоритм построения профиля высот площадки на основе двумерной интерполяции отметок от элементов поверхности, получаемых в парциальных лучах диаграммы направленности АР. Разработан макет посадочного радара, в котором обработка сигналов реализуется на ПК, расположенном на поверхности. Отсчеты сигналов передаются с радара на борту БПЛА, через канал WiFi. Оценена необходимая скорость передачи.

Ключевые слова: посадочный радар, антенная решетка, профиль высот, экспериментальный макет

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF HEIGHT PROFILE ESTIMATION AND PROTOTYPE OF THE UAV LANDING RADAR FOR ITS REALIZATION**V.V. Balashov, M.M. Godovicyn, J.A. Zhivchikova, N.V. Starostin, A.V. Filimonov**

NizhniyNovgorodstateuniversity.n.a. N.I. Lobachevskiy

Purpose: The paper deals with the technique of the estimation of the height profile of the surface under UAV. The algorithm based on the interpolation of the points found in partial 3D beams is considered. The approaches to build the prototype are proposed.

Design/methodology/approach: Development of 3D phased antenna array had been done with system of automated electromagnetic design ADS using FEM method. The investigation of the accuracy of estimation of surface profile had been carried out by the mathematical modeling using Monte-Carlo approach. The characteristics of the WiFi channel that provides signal transmission to the ground-based computer are obtained with natural testing.

Findings: New algorithm of the estimation of the surface profile using data from 3D mono-pulse phased antenna array is proposed. The measurements of the primary parameters (the clouds of detected surface points in partial beams) are obtained by the original micro-strip – digital beam forming.

Research limitations/implications: The presented results are achieved with an internal initiative project getting the start point of the further works concerned with the design of the radars for UAVs.

Originality/value: The radars with the proposed characteristics are not presented on the domestic market, while the demand is formed by the manufactures of UAV systems.

Keywords: landing radar, antenna array, height profile, experimental prototype.

УДК 621.396.96

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ
СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРЫ ПРИ СЛУЧАЙНОМ ХАРАКТЕРЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
АНТЕННЫ**

А.Д. Михайлов

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

А.В. Мякинков

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Данная статья посвящена исследованию возможности формирования синтезированной апертуры в условиях, когда перемещение антенны носит случайный характер. Исследование выполнено методом численного моделирования в MATLAB. Представленные результаты показали возможность использования случайных флуктуаций положения РЛС относительно анализируемой сцены для получения синтезированной апертуры, обеспечивающей формирование узкого луча, ширина которого значительно меньше ширины луча физической антенны. Приведены результаты математического моделирования.

Ключевые слова: синтез апертуры, угловая разрешающая способность, перемещение антенны по случайному закону, диаграмма направленности, коэффициент боковых лепестков.

**RESEARCH OF THE SYNTHESIZED APERTURE DIRECTIONAL PATTERN
CHARACTERISTICS WITH THE RANDOM NATURE OF THE ANTENNA MOVEMENT**

A.D. Mikhailov

A.V. Myakinkov

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

Purpose: The author provides a research of the synthetic aperture directional pattern parameters in the conditions of the antenna movement random nature.

Design / methodology / approach: The paper considers one of the methods to increase the angular resolution of millimeter-range radars. The method is to form a directional pattern with a narrower beam by using random fluctuations of the antenna to synthesize the aperture. In order to show the efficiency of this approach, there were performed an experiments with a mathematical model.

Findings: The paper finds out the dependences of the main beam width and the side lobe coefficient of the synthetic aperture directional pattern on the antenna coordinate standard deviation, the standard deviation of the antenna coordinate estimation error and the number of different position radar scans, which are used for the synthetic aperture forming.

Research limitations/implications: Research is limited to the directional pattern main beam forming angle, close to zero degrees.

Originality/value: The provided dependencies reveal the potential possibility of using radar random fluctuations to improve the angular resolution.

Key words: synthetic aperture, angular resolution, a random radar moving, directional pattern, side lobe coefficient.

АНТЕННО-ФИДЕРНАЯ СИСТЕМА РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРА
СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Е.Ю. Гайнулина

ORCID: 0000-0002-8554-4116 e-mail: okatrin@list.ru

В.Н. Иконников

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

Н.С. Корнев

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

А.В. Назаров

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

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

Специфика газодинамических взрывных процессов требует с одной стороны размещения радиоинтерферометра (РИ) на расстояниях в единицы метров от объекта диагностики, с другой стороны – размещения излучателя фидерной линии РИ в непосредственной близости от объекта. Для минимизации потерь в субмиллиметровом (субмм) диапазоне при расстояниях от РИ до объекта 1..1,5 м предложено два варианта систем канализации зондирующего излучения. Первый вариант основан на уникальном свойстве сверхразмерных металлических волноводов (СРМВ) – резком уменьшении погонных потерь с увеличением отношения поперечного размера волновода к длине волны. Предложена комбинированная фидерная линия (ФЛ), содержащая протяженные участки СРМВ и короткие гибкие участки диэлектрического волновода. Второй вариант антенно-фидерной системы (АФС) РИ основан на формировании в свободном пространстве сфокусированного волнового пучка двухзеркальной квазиоптической антенной с расщепленным фокусом. Рассмотрен вариант конструктивного исполнения АФС с фокусировкой пучка на расстоянии 1 м от раскрыва антенны. На основании результатов численного моделирования выбран оптимальный рупорный облучатель, обеспечивающий требуемую диаграмму направленности и соотношение между фокусами двух зеркал и облучателя. Применение предложенной квазиоптической АФС в составе радиоинтерферометра позволит получить минимально возможные потери в измерительном тракте, что расширит возможности диагностики в субмм диапазоне.

Ключевые слова: субмиллиметровый диапазон, сверхразмерный волновод, квазиоптическая антенна, КВЧ интерферометр

ANTENNA-FEEDER SYSTEM FOR SUB-MMRADIOINTERFEROMETER

Ye.Yu. Gaynulina, V.N. Ikonnikov, N.S. Kornev, A.V. Nazarov

FSUE RFNC Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics

Purpose: Minimization of losses in extended antenna-feeder systems in submillimeter (submm) range for the radiointerferometer (RI) and diagnosed object communication

Design/methodology/approach: The proposed combined system has length of 1..1,5 m and based on an extended oversized metal waveguide (OMW), straight or turned, and a short section of a dielectric waveguide to ensure the line flexibility. Significantly lower losses are obtained by using the developed two-mirror split-focus antenna (TMA), which focuses the wave beam at 1 m distance from the RI

Findings: In the developed combined system the acceptable loss level is achieved due to the unique property of OMW – a severe decrease of losses with the increase of a waveguide cross-sectional size to the wavelength ratio. In the antenna-feeder system implemented on a quasi-optical principle, as TMA, minimum possible losses are achieved by the concentration of energy in the focus and the propagation of the wave beam in free space.

Research limitations/implications: The development of described waveguide systems provides the possibility of fast gas-dynamic processes diagnosing in the submm range

Value: RI usage in submmwavelength range, in contrast to the mm range, provides an increase of the spatial resolution and measurements accuracy of the dynamic object's characteristics

Keywords: submillimeter range, waveguide feeder line, quasi-optical antenna, UHF interferometer

**РАЗРАБОТКА МИС ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИКА МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА
ДЛИН ВОЛН**

Д.И. Дюков¹

ORCID: 0000-0002-2642-1394 e-mail: dukov4@rambler.ru

И.В. Макарецев¹

ORCID: 0000-0002-1796-4530 e-mail: ilya0296@gmail.com

А.В. Назаров²

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

Р.Р. Османов²

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

Б.Ю. Царев²

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

¹Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Салют»

²Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»,

Наиболее важным узлом радиолокационного датчика (РД), определяющим его основные технические характеристики, является приемопередающий модуль (ППМ). Важность ППМ заключается в том, что его параметры и характеристики в значительной степени определяют эффективность всего РД в целом (дальность действия, разрешающую способность, массогабаритные характеристики). Поэтому предъявляемые требования к РД, в первую очередь, относятся к ППМ. Построение СВЧ ППМ на базе монолитных интегральных схем (МИС) позволяет упростить топологию платы модуля, повысить технологичность изготовления, надежность и ударостойкость всего РД, снизить его массу, габариты и стоимость изготовления, осуществить импортозамещение критически важной элементной базы.

В докладе представлены результаты конструкторско-технологической реализации приемопередачика миллиметрового диапазона длин волн на основе технологии GaAspHEMT, а также результаты его предварительных испытаний.

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

DEVELOPMENT OF MIC MM WAVELENGTH TRANSCEIVER

D.I. Dyukov, I.V. Makartsev, A.V. Nazarov, R.R. Osmanov, B.Yu. Tsarev

Scientific-Production Enterprise "Salyut" Joint-Stock Company

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

Purpose: Purpose of this work is development of technology, design, simulation and construction methods of mm wavelength transceiver monolithic integrated circuits (MIC) with monolithic integrated design using GaAs pHEMT technology.

Design / methodology / approach: MIC transceiver design projected on GaAs pHEMT technology with T-form minimal transistor gate length 0.07 μm by SPE "Salyut" JSC.

Findings: MIC transceiver technical solution was mastered. Design documentation was developed. Transceiver prototypes were manufactured. Prototype preliminary tests were realized successfully.

Research limitations/implications: Developmental work of transceiver package and hermetic sealing is necessary for transceiver use consisting of mm wavelength radar detectors.

Originality/value: MIC transceiver development will enable to raise manufacture technological effectiveness, reliability and impact resistance of perspective mm wavelength radar detectors.

Keywords: radar detector, transceiver, monolithic integrated circuit, GaAs pHEMT.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ
НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК С ПОМОЩЬЮ
ВЕКТОРНОГО АНАЛИЗАТОРА ЦЕПЕЙ**

М.С. Ольхова

ORCID: 0009-0004-3152-1252 e-mail: marinaolhova98@yandex.ru

А.С. Раевский

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В работе рассматривается экспериментальный макет оптической линии задержки, созданный на основе волоконных брэгговских решеток (ВБР). Он включает в себя электрооптический модулятор интенсивности излучения, соединительное оптическое волокно, волоконный циркулятор, набор ВБР и фотоприемник. Измерения проводились на СВЧ векторном анализаторе цепей Rohde&SchwarzZVA40. Измерения включали исследование фазочастотной характеристики макета, а также непосредственно временной задержки.

Последовательное включение нескольких ВБР с различными центральными длинами волн спектра отражения может быть представлено в виде одной ВБР с переменным периодом, например, чирпированной.

В полученном макете временная задержка представляет собой функцию от длины волны источника излучения. Для последовательного включения нескольких однородных ВБР время задержки изменяется дискретно, что обусловлено длиной волоконного световода между записанными решетками (порядка 0,5 м). При переходе к чирпированной ВБР можно получить непрерывно перестраиваемую оптическую линию задержки, которую можно использовать в различных технических задачах.

Ключевые слова: радиофотоника, оптическая линия задержки, волоконная брэгговская решетка

**INVESTIGATION OF THE OPTICAL DELAY LINE BASED ON
FIBER BRAGG GRATINGS USING A VECTOR NETWORK ANALYZER**

M.S. Olkhova, A.S. Raevsky

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

Purpose: The author experimentally investigates the layout of an optical delay line based on fiber Bragg gratings (FBGs).

Design / methodology / approach: Experimental studies are carried out using a vector network analyzer. With its help, the complex S-parameters of the layout are measured and the frequency response and delay time are determined.

Findings: In the work it turns out that the sequential inclusion of several FBGs is a tunable optical delay line controlled by the wavelength of the laser source radiation. A chirped FBG can also be represented by a sequential set of homogeneous FBGs. Such a delay line will be tuned continuously.

Research limitations/implications: Compared to the chirped FBG, the set of homogeneous gratings includes a connecting optical fiber. Because of this, the delay line is tuned not continuously, but discretely with a large step.

Originality/value: The value of the work lies in the use of a new idea of creating a tunable optical delay line. The measurements carried out during the execution of the work confirm the operability of the created layout. According to the conclusions made about tunable delay lines, such devices have the right to exist and use in various technical applications.

Key words: microwave photonics, optical delay line, fiber Bragg grating

УДК:621.385.6

ОПТИМИЗАЦИЯ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ГИРОТРОННОГО КОМПЛЕКСА

А.А. Орловский^{1,2}

ORCID: 0000-0002-8539-834X e-mail: alexorlovskiy@ipfran.ru

М.Д. Проявин²

ORCID: [0000-0001-5967-6978](https://orcid.org/0000-0001-5967-6978) e-mail: pmd@ipfran.ru

Ю.С. Федосенко¹

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

¹Волжский государственный университет водного транспорта

²Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН

Современные гиротронные комплексы, работающие в непрерывном режиме, с рабочими частотами 24-30 ГГц и выходной мощностью в несколько десятков киловатт уже позволили освоить такие технологии, как спекание керамических и композитных материалов, плазмохимическое выращивание алмазных пленок и дисков, успешно используются для очистки газовых выбросов, производства стекол и др. Необходимым условием для работы гиротрона – электровакуумного прибора основанного на резонансном взаимодействии электронного потока, движущегося в магнитном поле с одной из собственных мод круглого волновода, является наличие магнитной системы. Энергопотребление магнита во многом определяет КПД комплекса в целом и для снижения энергозатрат можно воспользоваться магнитным экранированием. Однако, в этом случае возникает специфическая деформация продольного магнитного поля. В частности, наблюдается резкий спад его напряженности в области катода и коллектора гиротрона, что, в свою очередь, приводит к усложнению топологии электронного потока. Соответственно с целью «нормализации» магнитного поля предлагается использовать несколько дополнительных маломощных катушек, расчет необходимых для этого значений параметров которых выполнен в среде программного пакета CST StudioSuite. В докладе приведен пример расчёта магнитно-экранированной системы, применяемой в технологическом гиротронном комплексе с рабочей частотой 28 ГГц.

Ключевые слова: гиротрон, магнитная система, CSTStudio, коллекторные катушки

OPTIMIZING THE MAGNETIC SYSTEM OF THE GYROTRON COMPLEX

A.A. Orlovskiy^{1,2}, M.D. Proyavin¹, Yu.S. Fedosenko²

¹VolgaStateUniversityofWaterTransport

²A.V. Gaponov-GrekhovInstitute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences

Purpose: The purpose of this article is to normalize the magnetic field of a gyrotron complex operating in a continuous mode.

Design/methodology/approach: One of the possible ways to achieve this goal is to develop a magnetically shielded system based on additional low-power magnetic coils.

Findings: An adequate digital simulation and calculation of the parameters of additional magnetic coils was carried out in the environment of the CST Studio Suite software package, which was demonstrated on the example of a gyrotron complex operating at a frequency of 28 GHz.

Research limitations/implications: The results presented in the report serve as a starting point for research and development in the field of theory and design of gyrotron complexes.

Practical implications: Reducing the level of energy consumption, increasing the overall efficiency of the gyrotron complex.

Originality/value: Energy-efficient gyrotron technologies are really in demand; their extended practical implementation will make it possible to successfully master new and expand the scope of existing industrial technologies for sintering composite materials, growing diamond films and disks, and cleaning gas emissions.

Keywords: gyrotron, magnetic system, CST Studio, collector coils

УДК 621.372.56

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛЕНОЧНЫХ ПОГЛОЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИМПУЛЬСНОЙ МОЩНОСТИ

А.В. Пилькевич

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

В.Д. Садков

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

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е. Алексева

Пленочные поглощающие элементы (ПЭ) широко используются для построения высококачественных измерительных устройств — коаксиальных, полосковых и микрополосковых аттенюаторов и адаптоаттенюаторов, в ГИС ВЧ и СВЧ диапазонов. Современное состояние их развития характеризуется поиском путей повышения электрических характеристик, лучшего понимания происходящих в ПЭ процессов.

Значительный интерес в этой связи представляет импульсный режим работы ПЭ, при котором мгновенные значения выделяющейся мощности и градиентов потенциалов вблизи входного контакта на порядки превышают величины, соответствующие стационарному режиму, при котором в отводе тепла участвуют подложка и контакты. Для моделирования импульсного режима работы ПЭ широкого диапазона ослаблений использован программный комплекс Elcut. При подаче на ПЭ импульсной мощности определяется распределение температуры и удельного сопротивления по поверхности резистивной пленки с учетом зависимости удельного сопротивления от температуры, вычисляются параметры П-образной схемы замещения ПЭ в 50 — омной линии передачи, а также входное/выходное сопротивление и ослабление. Показана существенность изменений параметров ПЭ и приведены соответствующие зависимости от уровня входной мощности, коэффициента теплопроводности, удельного сопротивления резистивной пленки.

Ключевые слова: пленочный поглощающий элемент, аттенюатор, импульсный режим.

CHANGING THE PARAMETERS OF FILM ABSORBING ELEMENTS UNDER THE ACTION OF PULSED POWER

A.V. Pilkevich, V.D. Sadkov

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

Purpose: Search for ways to improve electrical characteristics, a better understanding of the processes occurring in AE.

Design / methodology / approach: The Elcut software package was used to simulate the pulse mode of operation of a wide range of attenuations of AE.

Findings: When pulse power is applied to the AE, the distribution of temperature and resistivity over the surface of the resistive film is determined, taking into account the dependence of resistivity on temperature, the parameters of the U-shaped AE replacement circuit in the 50—Ohm transmission line are calculated, as well as input /output resistance and attenuation.

Research limitations / implications: Pulse mode of operation AE is a mode of operation in which the instantaneous values of the released power and potential gradients near the input contact are orders of magnitude higher than the values corresponding to the stationary mode, in which the substrate and contacts participate in heat removal.

Originality / value: The significance of changes in the parameters of AE is shown and the corresponding dependences on the output power level, thermal conductivity coefficient, resistivity of the resistive film are given.

Key words: film absorbing element, attenuator, pulse mode.

УДК 621.372.56

ПОГЛОЩАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ АДАПТОАТЕНУАТОРОВ С БОЛЬШИМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТРАНСФОРМАЦИИ

А.В. Пилькевич

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

В.Д. Садков

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

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е. Алексеева

Широкополосные фиксированные аттенуаторы с пленочными поглощающими элементами (ПЭ) широко используются в измерительных системах. Разновидностью аттенуаторов являются адаптоаттенуаторы, обеспечивающие трансформацию сопротивлений. Анализ перспективных топологий ПЭ адаптоаттенуаторов, позволяющих в малых габаритах обеспечить необходимый диапазон ослаблений и коэффициентов трансформации является целью настоящей работы. Предлагаемые топологии ПЭ адаптоаттенуаторов позволяют за счет оптимизации профиля входного и выходного контактов существенно уменьшить плотности мощности и значения градиента потенциала вблизи этих контактов. Для решения задачи используем метод конформных отображений и конечных элементов. ПЭ с уменьшенными значениями градиентов потенциалов и плотностей мощности в резистивной пленке получаем, применяя оптимальный профиль входного/выходного контактов ПЭ. Отмечено, что варианты на базе однородной резистивных пленок не способны обеспечить значения коэффициентов трансформации, больше 3. Только на ПЭ с кусочно-однородной пленкой коэффициент трансформации может достигать 80 – 100. Полученные результаты существенны для работы ПЭ адаптоаттенуаторов в импульсном режиме, в котором мгновенные значения выделяющейся мощности и градиента потенциала вблизи входного контакта на порядки превышают величины, соответствующие непрерывному режиму.

Ключевые слова: пленочный поглощающий элемент, адаптоаттенуатор, градиент потенциала, плотность мощности, оптимальный профиль.

ABSORBING ELEMENTS OF ADAPTOATENUATORS WITH A LARGE TRANSFORMATION COEFFICIENT

A.V. Pilkevich, V.D. Sadkov

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

Purpose: Analysis of promising topologies of AE adaptoattenuators, allowing in small dimensions to provide the necessary range of attenuations and transformation coefficients.

Design / methodology / approach: The proposed topologies of AE adaptoattenuators allow, by optimizing the profile of the input and output contacts, to significantly reduce power densities and potential gradient values near these contacts. To solve the problem, we use the method of conformal maps and finite elements. AE with reduced values of potential gradients and power densities in a resistive film is obtained by applying the optimal profile of the input/output contacts of AE.

Findings: AE with a piecewise homogeneous film, the transformation coefficient can reach 80 – 100.

Research limitations / implications: It is noted that variants based on homogeneous resistive films are not able to provide values of transformation coefficients greater than 3.

Originality / value: The results obtained are essential for the operation of AE adaptoattenuators in the pulse mode, in which the instantaneous values of the released power and the potential gradient near the input contact are orders of magnitude higher than the values corresponding to the continuous mode.

Key words: film absorbing element, adaptoattenuator, potential gradient, power density, optimal profile.

ВОПРОСЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОТВЕТВИТЕЛЯ ЛАНГЕ С МАКСИМАЛЬНО ВОЗМОЖНЫМ ПЕРЕКРЫТИЕМ ПО ЧАСТОТЕ

М.Р. Кириллова¹, Ю.В. Раевская², В.А. Редкина²

ORCID: 0009-0003-0725-1945 e-mail: Pumakirill@yandex.ru

ORCID: 0009-0008-2357-2251 e-mail: raevskaja@forum.nn.ru

ORCID: 0009-0005-6073-6241 e-mail: redkinavitalina@yandex.ru

¹ ООО «Радио Гигабит», Россия, г. Нижний Новгород

² НГТУ им. Р.А. Алексеева, Россия, г. Нижний Новгород

Рассмотрены возможные варианты построения полосковых направленных ответвителей (НО) Ланге. Выбраны конструкции, перспективные с точки зрения повышения широкополосности. С помощью программного пакета CST MicrowaveStudio проведено моделирование стандартной конструкции ответвителя Ланге, нескольких ответвителей Ланге с внесенными модификациями, экранированной структуры и конструкции с подключенным резистором. Выбрана наиболее подходящая модификация структуры с точки зрения увеличения широкополосности – конструкция НО с подвешенной подложкой. Показана возможность получения удовлетворительных характеристик устройства в диапазоне частот от 4,4 ГГц до 26,1 ГГц.

Ключевые слова: направленный ответвитель; ответвитель Ланге; S-параметры; подвешенная подложка.

ISSUES OF COMPUTER SIMULATION OF THE DIRECTIONAL LANGE COUPLER WITH MAXIMUM POSSIBLE FREQUENCY OVERLAP

M.R. Kirillova¹, Y.V. Raevskaya², V.A. Redkina²

¹Radio Gigabit LLC, Russia, Nizhny Novgorod

² Nizhny Novgorod state technical university N.A. R.E. Alekseev, Russia, Nizhny Novgorod

Purpose: In the course of the work, it was supposed to simulate using the CST Microwave Studio software package the directional Lange coupler with the maximum possible frequency overlap, while the operating frequency range of the directional Lange coupler should be in the microwave range (3 GHz-30 GHz), the frequency response unevenness in the operating band should be ± 1 dB, the return loss in the operating band no more than -10 dB, phase difference in the operating band: $90^\circ \pm 5^\circ$.

Design / methodology / approach: In the course of the work, a literature review was carried out, which made it possible to identify promising designs of directional couplers from the point of view of broadband. At the first stage of the work, the standard design of the Lange coupler was modeled. Next, modeling of the modified design of the Lange coupler was carried out. During the development of the wideband Lange coupler, various modifications were used and optimized separately and in combination with each other. Next, the characteristics of the modified directional coupler were studied in the presence of a screen and a load.

Findings: The most appropriate modification of the structure from the point of view of increasing the bandwidth of guiding microwave devices was chosen - the design of a directional coupler with a suspended substrate. The influence of the screen on the characteristics of the device can be considered insignificant, since its inclusion in the simulation leads to only small oscillations of the S-parameters. The use of a real resistor showed that the shape of the characteristics is preserved, but the degradation of the characteristic level by 1-2 dB occurs, so before manufacturing the coupler, it will be necessary to know the exact model of the resistor to adjust the topology of the coupler.

Research limitations: The study showed that the reduction of gaps and conductors in the communication area of the device directly affect the achievement of broadband. But manufacturing restrictions on the minimum dimensions of conductors and gaps, as well as the ability to use only standard substrate thicknesses and possible materials with certain permittivities, significantly complicate the task and make it impossible to achieve a wide operating frequency band.

Originality/value: Lange directional couplers are widely used in various branches of radio electronics. This requires constant improvement of these devices, development of new designs, improvement of their characteristics. Every year, the frequency ranges of various equipment (balanced amplifiers, wattmeters, mixers), which include directional couplers, expand and shift to higher frequencies, and in addition, the requirements for other characteristics of these devices become more stringent.

Keywords: directional coupler; directional Lange coupler; S-parameters; suspended substrate.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЕЙ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И НЕЙРОННЫХ ПРОЦЕССОРОВ ДЛЯ ПРЕДОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

П.А. Смолин^{1,2}

ORCID: 0000-0002-5149-5141 e-mail: spa@ipfran.ru

Ю.С. Федосенко¹

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

¹Волжский государственный университет водного транспорта

²Институт прикладной физики им. А.И. Гапонова-Грехова РАН»

В статье рассмотрен метод автоматизированной предобработки экспериментальных данных, заключающийся в их непрерывном сборе независимо от состояния и режимов работы экспериментальной установки, а также последующего выборочного сохранения полученных данных в зависимости от сформированных нейронной сетью критериев. Апробация метода производилась на автоматизированном гиротронном комплексе. В качестве составляющих элементов системы предобработки использовались модули АО «ИнСис»: цифровой обработки данных ADP101E1, аналого-цифровых преобразователей ADM212x40M, связи ССР20, а также ЭЦВМ с операционной системой AstraLinux, нейросетевой процессор SPR2801S фирмы GyrfalconTechnology, схемы питания, усиления и согласования уровней напряжения. Рассмотренный метод позволяет существенно повысить качество сбора значимых для последующего целевого использования экспериментальных данных, а также сократить объем требуемой памяти для их хранения.

Ключевые слова: нейросетевой процессор, гиротронный комплекс, цифровая обработка сигналов, ПЛИС, машинное обучение

APPLICATION OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING MODULES AND NEURAL PROCESSORS FOR PREPROCESSING OF EXPERIMENTAL DATA

P.A. Smolin^{1,2}, Yu.S. Fedosenko¹

¹Volga State University of WaterTransport

²A.V. Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences

Purpose: The purpose of this article is to implement the technology of automatic processing and preparation of experimental data obtained during the operation of fast control systems using the example of a gyrotron setup.

Design/methodology/approach: One of the possible ways to improve the processes of collecting experimental data of fast systems may be the use of a complex of DSP modules and neural processors. The article is devoted to the discussion of such an approach, practically implemented on the basis of system-theoretical research, the subsequent development of model-algorithmic support and its experimental approbation.

Findings: The model-algorithmic software was developed for automated preparation of experimental data for further processing, which consists in continuous data collection, regardless of the state and mode of operation of the operating experimental setup, and selective storage of the data obtained depending on the criteria formed.

Research limitations/implications: The results of the article serve as a starting point for research in the field of machine learning and neural network data processing of experimental data.

Practical implications: Improving the quality of experimental data, reducing usage of memory for data storage.

Originality/value: The system of automated preparation of experimental data for further processing can be used to collect data obtained during the operation of scientific experimental setups, which can increase the efficiency of research. There are no such systems on the Russian market.

Keywords: neural network processor, digital signal processing, field-programmable gate array, neural networks, machine learning

УДК 000.0.000

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОТКЛЮЧАТЕЛЯ САНТИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

П.Д. Хапина

ORCID: 0000-0002-5671-3136 e-mail: polly00615@mail.ru

И.Н. Данилов

ORCID: 0009-0004-2347-8303 e-mail: danilovnn@yandex.ru

ФилиалРФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИСим. Ю.Е. Седакова»

Диодные отключатели, представляющие собой четырехполосники с двумя режимами работы, применяются в антенных переключателях, в устройствах защиты приемника и т.п. Характерные для них режимы работы: режим пропускания, когда СВЧ-сигнал почти беспрепятственно поступает через отключатель в нагрузку, и режим запираения, когда сигнал значительно ослабляется. В качестве управляющего элемента (ключа) в отключателях, выполненных по гибридно-интегральной технологии, используется переключаемый диод, преимущественно бескорпусной, в двух крайних состояниях (открытом и закрытом), управляемый внешним напряжением. В статье представлены результаты разработки математической модели предложенной схемы отключателя сантиметрового диапазона, с последующим проектированием в САПР HFSS и оптимизацией параметров для получения наилучших характеристик в заданном частотном диапазоне. В тоже время, как показывает опыт практической реализации схемотехнических решений, конструкция отключателя должна иметь вид запердельного волновода для исключения «пролаза» сигнала. В связи с этим было разработано несколько вариантов моделей отключателей и проведено исследование влияния параметров устройства отключателя на его электрические характеристики.

Ключевые слова: оптимизация, отключатель СВЧ-сигнала, pin-диод, запердельный волновод, проектирование

DESIGN AND OPTIMIZATION OF DECIMETER RANGE SWITCH PARAMETERS

P.D. Khapina, I.N. Danilov

Branch of FSUE RFNC-VNIIEF "NIIS n.a. U.E. Sedakov"

Purpose: In this article, it was necessary to develop a mathematical model and design a device ready for use in microchips.

Design/methodology/approach: Using an existing model with several diodes connected in parallel, calculate the characteristics and parameters for this range. With the help of HFSS Cad, optimize to reduce overall dimensions and improve performance. And then calculate the dimensions of the hermetic drive suitable for this device and design a switch in a transcendental waveguide.

Findings: Several variants of circuit breakers have been obtained that are ready for use in circuits.

Research limitations/implications: The best version of the waveguide of each type of switch is determined, the best arrangement of the diodes when bending the microstrip line.

Originality/value: It turned out that the best performance has a switch made in the form of a p-shaped waveguide.

Keywords: optimization, microwave signal breaker, pin diode, beyond waveguide, design

**АКТУАЛЬНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО И
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОКОНТРОЛЯ ЗА УСТАНОВЛЕННЫМ
ПОРЯДКОМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

В.А. Безрядин

ORCID: 0009-0003-0693-1607 e-mail: bezryadin_vlad@mail.ru

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

Представлены направления совершенствования информационного и технического обеспечения радиоконтроля за установленным порядком передачи информации (далее – радиоконтроля). В настоящее время имеет место следующее противоречие: с одной стороны объективный рост объемов информации, передаваемым по средствам и системам связи для обеспечения возросшего объема и значимости решаемых задач авиационными частями, а с другой – ограниченность сил и средств радиоконтроля, снижающих эффективность его проведения. Разрешение данного противоречия возможно путем решения научной задачи: разработки теоретических положений по способам повышения оперативности радиоконтроля за счет совершенствования планирования и обработки результатов радиоконтроля с использованием средств автоматизации.

Ключевые слова: автоматизация, информационное обеспечение, техническое обеспечение, оперативность, радиоконтроль, эффективность.

**RELEVANCE OF IMPROVEMENT OF INFORMATION AND TECHNICAL SUPPORT
OF RADIO CONTROL FOR THE ESTABLISHED ORDER
OF INFORMATION TRANSMISSION**

V. A. Bezryadin

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: to increase the efficiency of radio monitoring when planning and processing its results using automation tools.

Design/methodology/approach: theoretical provisions on ways to increase efficiency by improving planning and processing the results of radio monitoring using automation tools.

Findings: the methodological basis for solving this problem is the implementation of information processing procedures through the use of an additional (reserve) resource of the computing environment of automated systems when planning and processing the results of radio monitoring.

Research limitations/implications: research is carried out in relation to radio monitoring of the established procedure for transmitting information when solving problems by aviation units.

Originality/value: for the first time, the problematic issues of increasing the efficiency of radio control over the established procedure for transmitting information in solving problems by aviation units are considered in a comprehensive manner.

Keywords: automation, information support, technical support, efficiency, radio control, efficiency.

**ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ГОТОВНОСТИ РЕСУРСА СИСТЕМЫ СВЯЗИ К
ОБЕСПЕЧЕНИЮ НЕПРЕРЫВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ**

С.С. Белоусов

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

П.А. Федюнин

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

М.А. Стафеев

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

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

В статье рассмотрены роль и место системы связи в обеспечении непрерывности управления силами государственной авиации в прогнозируемых условиях выполнения поставленных задач, а также предложен подход к адаптации системы управления, путем передачи управления авиацией на пункт управления оптимальный по ресурсу связи. В основу методологического подхода положена оценка функционального состояния системы связи на основе количественного и качественного анализа характеристик направлений связи между пунктами управления.

Ключевые слова: непрерывность управления, система управления, система связи, государственная авиация, мониторинг, адаптация.

**AN APPROACH TO ASSESSING THE READINESS OF THE COMMUNICATION SYSTEM
RESOURCE TO ENSURE THE CONTINUITY OF FLIGHT CONTROL OF STATE AVIATION**

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

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: The authors propose a methodology for assessing the capabilities of the communication system to ensure the continuity of control of the state aviation forces, based on determining the degree of technical readiness of the required communication resource at the control points.

Design / methodology / approach: To assess the condition of the control point from which the aviation forces are controlled, the main attention in the article is paid to the analysis of the indicator of the level of functionality of the communication system characterizing the provision of the required communication resource at the control points. Analysis of the reaction of the system to the destructive effects of the environment, as well as measures to restore the disturbed state, allow us to assess the dynamics of transitions from one state to another with probability, and to obtain a vector of probabilities of the states of the communication system at the current time

Findings: In the article, the proposed methodological approach allows, based on the results of monitoring by the duty service of the state of the communication system functionality at each of the control points of the state aviation forces, the management body, taking into account the unified classification of states, can timely assess the situation and draw a conclusion regarding the optimal communication resource of the control point and make a decision on the transfer of control.

Research limitations/implications: The limitations are related to the need to have several control points for aviation forces, in order to be able to choose from them a rational communication resource.

Originality/value: The value of the proposed methodological approach is a scientifically based calculation of the intensity of loss and restoration of managerial functions of the aviation forces management bodies, on the basis of which the generalized indicator of the probability of continuity of aviation forces management is estimated. The application of the developed assessment methodology makes it possible to increase by 15-20% the efficiency of choosing the most rational control point according to the state of the communication resource and thereby ensure the continuity of control of the state aviation forces.

Key words: continuity of management, management system, communication system, state aviation, monitoring, adaptation.

**ПРИМЕНЕНИЕ СЕТЕОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ПРИ ОЦЕНКЕ
УПРАВЛЯЕМОСТИ СИСТЕМОЙ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ**

С.С. Белоусов

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

П.А. Федюнин

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

М.А. Стафеев

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

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

В статье рассмотрены роль и место системы связи в обеспечении управления силами государственной авиации, а также особенности сетеориентированного построения системы управления связью, позволяющего произвести оценку уровня управляемости системы связи. В основу методологического подхода положена оценка управляемости на трех уровнях управления: организационном, оперативно-техническом и техническом/

Ключевые слова: управляемость, система управления, система связи, государственная авиация, органы управления, обоснованность решений.

**APPLICATION OF A NETWORK-ORIENTED APPROACH IN ASSESSING THE
CONTROLLABILITY OF THE COMMUNICATION SYSTEM AND RADIO ENGINEERING
SUPPORT OF STATE AVIATION FLIGHTS**

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

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: The authors have developed a methodology for assessing the controllability of a communication system functioning in the interests of managing the forces of state aviation, based on determining the degree of achievement of goals, i.e. determining the ratio between the number of tasks performed and assigned to the communications management body, the efficiency of management, as well as the validity of decisions made.

Design / methodology / approach: To assess the state of controllability of the communication system, which is the technical basis of the control system of the state aviation forces, the main attention in the article is paid to the analysis of the probabilistic indicator of the time of the operational management cycle, characterizing the efficiency of decision-making by management bodies. As criteria for assessing the level of controllability of the communication system by aviation forces, it is proposed to adopt a scale classified according to the value of the number of tasks performed by management bodies and communication specialists, as well as the degree of validity of decisions taken by communications management bodies. **Findings:** The proposed methodological approach allows, based on the results of the evaluation of private indicators, to calculate the degree of controllability of a communication system functioning in the interests of managing the state aviation forces, to predict the presence of vulnerabilities at the organizational, operational, technical or technical management level and to make a timely decision to restore the established parameters.

Research limitations/implications: The limitations are related to the need to have several control points for aviation forces, in order to be able to choose from them a rational communication resource.

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

Key words: controllability, control system, communication system, state aviation, management bodies, reasonableness of decisions.

УДК 6.3.1

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ УПРАВЛЯЕМОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ С УЧЕТОМ СТЕПЕНИ ЛЕГИТИМНОСТИ ЦЕНТРОВ УПРАВЛЕНИЯ

С.С. Белоусов

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

П.А. Федюнин

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

М.А. Стафеев

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

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

В статье рассмотрены роль и место системы связи в обеспечении управления силами государственной авиации, а также особенности применения специализированной автономной программы конфигурирования и управления – программного агента, позволяющего управлять отдельными элементами системы связи и ее параметрами. В основу методологического подхода положена оценка управляемости с учетом степени легитимности центров управления.

Ключевые слова: управляемость, система управления, система связи, государственная авиация, органы управления, легитимность центров управления.

FEATURES OF THE ASSESSMENT OF THE CONTROLLABILITY OF THE COMMUNICATION SYSTEM AND RADIO ENGINEERING SUPPORT OF STATE AVIATION FLIGHTS, TAKING INTO ACCOUNT THE DEGREE OF LEGITIMACY OF CONTROL CENTERS

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

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: The authors have developed a methodology for assessing the controllability of a communication system functioning in the interests of controlling the forces of state aviation, based on an assessment of controllability taking into account the degree of legitimacy of control centers.

Design / methodology / approach: To assess the state of controllability of the communication system, which is the technical basis of the control system of the state aviation forces, a generalized indicator is used – the coefficient of decentralization of management, and private indicators: the share of the functions of the control center implementing destructive control actions and the average time of the control cycle. The criterion for assessing the controllability of the communication system is proposed to take the value of the average time of the duration of the control cycle, which cannot be greater than the required

Findings: The output results of the methodology are: the average management cycle time, taking into account the multiplicity of legitimate and illegitimate control centers, satisfying the required values.

Research limitations/implications: The main limitations and assumptions are: communication network elements are stationary objects with well-known coordinates, operating in a mode in which the number of control centers and network elements is balanced and the quality parameters of network connections correspond to the required values.

Originality/value: The novelty of the proposed methodological approach is the scientifically based calculation of the controllability index of the communication system, which provides for determining the proportion of functions of the control center implementing destructive control actions. The proposed method allows us to obtain dependences of the duration of the control cycle of the communication system on the number of heterogeneous control centers and their control actions on the network elements.

Key words: controllability, control system, communication system, state aviation, management bodies, legitimacy of management centers.

УДК 621.396

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ СВЯЗИ АВИАЦИОННОГО ФОРМИРОВАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Б.И. Волков

ORCID: 0009-0002-3452-5350 e-mail: volkovbron@yandex.ru

Ф.М. Монтенегро

ORCID: 0009-0001-2004-9640 e-mail: monte_negro@mail.ru

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

Проведен краткий анализ существующего состояния системы связи авиационного формирования (АФ), на основе которого определены направления ее построения с учетом опыта применения отечественных перспективных средств связи. Для выработки единых подходов к построению системы связи АФ необходимо осуществить замену аналоговых аппаратных полевых узлов связи на цифровые с перспективой их дальнейшего применения в полевых условиях, построенных на базе комплексов технических средств. Цель – создание полевой системы связи АФ, обладающей свойствами динамической самоорганизации с гарантированной криптозащитой и разведзащищенностью, с использованием интеллектуальных наложенных сетей связи, интеграцией услуг по предоставлению информации должностным лицам пунктов управления АФ и устойчивых ко всем видам внешнего воздействия. Основным направлением дальнейшего развития полевых подвижных узлов связи АФ выбран вариант модульного построения. В этом случае узел связи может быть представлен как совокупность определенным образом связанных и организованных модулей. Это в свою очередь должно не только упростить доступ должностных лиц к ресурсу системы связи, но и улучшить разведзащищенность, живучесть и мобильность узлов связи и системы связи в целом.

Ключевые слова: система связи, авиационное формирование, сеть связи, узел связи, построение системы связи, модуль, подходы, направления.

APPROACHES TO BUILDING A COMMUNICATION SYSTEM FOR AN AVIATION FORMATION IN MODERN CONDITIONS

B. I. Volkov, F. M. Montenegro

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: provide a brief analysis of the state communication system of an AF, on the basis of which the directions for its construction are determined, taking into account the experience of using domestic perspective means of communication.

Design/methodology/approach: to develop unified approaches to the construction of the AF communication system, it is necessary to replace analog hardware field communication nodes with digital ones with the prospect of their further use in the field, built on the basis of complexes of technical means.

Findings: the main direction of further development of field mobile communication nodes of the AF is the option of modular construction. In this case, the communication node can be represented as a set of connected and organized modules in a certain way.

Research limitations/implications: this, in turn, should not only simplify the access of officials to the resource of the communication system, but also improve the intelligence protection, survivability and mobility of communication nodes and the communication system as a whole.

Originality/value: the goal is to create an AF field communication system with the properties of dynamic self-organization with guaranteed cryptographic protection and intelligence protection, using intelligent overlay communication networks, integrating services for providing information to officials of the AF control points and resistant to all types of external influences.

Key words: communication system, aviation formation, link, type of connection, building a communication system, approaches, directions, modules.

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ МНОГОМЕРНОЙ ИНДЕКСНОЙ МОДУЛЯЦИИ (ИМ) В СЕТЯХ 5G

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

С.А. Заглумонин, ORCID: 0000-0002-5934-3134, email: zaglumonin99@gmail.com

А.А. Градиленко, ORCID: 0000-0003-2400-9900, e-mail: artem.gradilenko@gmail.com

Д.Д. Карсаков, ORCID: 0009-0006-7761-4563, e-mail: don200720@yandex.ru

В.О. Власов ORCID: 0000-0001-6024-6588, e-mail: Vfromnn1909@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева

Исследуется гибкое использование существующих технологий индексной модуляции (ИМ) для удовлетворения сложных требований приложений систем мобильной связи 5G и 6G. ИМ обеспечивает новый способ передачи дополнительных битов данных с помощью индексов (двоичных номеров) доступных объектов передачи данных в системе связи по сравнению с классическими схемами связи, которые отображают передаваемые данные в сдвиги частоты, фазы, амплитуды модулированных сигналов. Доступными объектами для отображения данных с помощью ИМ могут быть двоичные номера используемых антенн, радиочастотных зеркал, видов созвездий модуляции, временных символов расширяющих кодов поднесущей, позиций внутри матриц «время-частота», «пространство-время» и их сочетаний в доменах времени, частоты, пространства, кодов, созвездий модуляции. Индексная модуляция не требует затрат энергии или спектра, но использует работающую систему связи, являясь надстройкой над ней. Поэтому ИМ повышает спектральную и энерго-эффективность, характеристики сети связи за счёт повышения вычислительной сложности алгоритмов формирования и обработки сигналов. Предложены алгоритмы выбора лучшей композиции параметров традиционных режимов связи с учётом энергетики канала и индексной модуляции ИМ и средства их реализации.

Ключевые слова: Индексная модуляция (ИМ), спектральная и энерго-эффективность, выбор оптимальной многомерной ИМ

DEVELOPMENT OF DECISION-MAKING TOOLS FOR THE SELECTION OF OPTIMUM MULTIDIMENSIONAL INDEX MODULATION (IM) IN 5G NETWORKS

T.I. Goryacheva, S.A. Zaglumonin, A.A. Gradilenko, D.D. Karsakov, V.O. Vlasov

Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseeva

Purpose: The flexible use of existing index modulation (IM) technologies to meet the complex application requirements of 5G and 6G mobile communication systems is being explored.

Design/methodology/approach: IM provides a new way to transfer additional data bits using indexes (binary numbers) of available data transfer objects in a communication system compared to classical communication schemes that map transmitted bit sequences into modulated signal parameters (frequency, phase, amplitude shifts). Available objects for displaying data using IM can be binary numbers of the antennas used, types of modulation constellations, symbols and / or spreading codes of one subcarrier, RF mirrors, positions within the matrix "time-frequency", "space-time" and their combinations in domains time, frequency, space, types of codes, modulation constellations.

Conclusions: Index modulation does not require energy or spectrum, but uses a working communication system, being a superstructure on top of it. Therefore, IM improves spectral and energy efficiency communication network by increasing complexity of algorithms.

Originality/value: Proposed algorithms for choosing the best composition of the parameters, can be used flexibly for other virtual networks.

Keywords: Index modulation (IM), spectral and energy efficiency, choice of optimal multidimensional IM

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИННОВАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ю.С. Егоров

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

С.Н. Рындов

ORCID: 0000-0002-8541-3757 email: s.rindow@yandex.ru

Д.А. Вайнбаум

ORCID: 0000-0002-3012-8668 email: mr.vaynbaum@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Инновационные ИТ-проекты сопровождаются информационными технологиями, которые воплощаются через разработанный инновационный программный продукт. Микросервисная архитектура чаще всего применяется в крупных инновационных ИТ-проектах для достижения высокой гибкости и легкости масштабирования информационных систем. Однако, применение микросервисов, как правило, влечет за собой увеличение времени обработки запросов, сложность в развертывании и взаимодействии компонентов между собой. Кроме того, ошибки в процессе разработки микросервисной архитектуры и организации микросервисов могут привести к возникновению критических ситуаций, способных повлечь за собой большие финансовые затраты владельцев продукта и значительные временные затраты разработчиков на поиск и исправление ошибок. В статье описаны наиболее важные аспекты проектирования и технической реализации микросервисной архитектуры инновационных информационных систем.

Ключевые слова: инновация, разработка программного обеспечения, информационная система, микросервис, сервис-ориентированная архитектура.

FEATURES OF DEVELOPING MICROSERVICE ARCHITECTURE FOR INNOVATIVE INFORMATION SYSTEMS

Y.S. Yegorov, S.N. Ryndow, D.A. Vaynbaum

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

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

Design/methodology/approach: The article discusses approaches to the development of innovative information systems, as well as methods for the technical implementation of microservice architecture, deployment technologies based on containers and virtual machines.

Findings: The considered aspects of the design and technical implementation of innovative information systems will help to avoid critical situations that may be caused by errors in the process of developing a microservice architecture and organizing microservices.

Research limitations/implications: This article is a starting point for further research on the creation of innovative information systems based on microservice architecture, which ensures high flexibility and application scaling.

Originality/value: Innovative information systems design and technical implementation features will help avoiding financial costs for product owners and time costs for developers to find and correct errors in the development of microservice architecture.

Keywords: innovation, software development, information system, microservice, service-oriented architecture.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ СВОБОДНОГО ПРОЦЕССА В РЕЗОНАНСНОЙ ЦЕПНОЙ ЛИНИИ

С.С.Зельманов, ORCID0000-0002-6634-942X e-mail: zelmanss@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

Цель работы: Она состоит в доказательстве возможности резонанса в цепной RC-линии с одним типом энергоёмкого параметра

Методология: Исследуется формирование затухающего гармонического свободного процесса на выходе цепной RC-линии на основе суммирования собственных экспоненциальных процессов системы.

Результат: Показана возможность существования резонанса в системе с действительными корнями характеристического уравнения.

Новизна: Расширен класс резонансных линейных стационарных систем.

Известно, что системы с частотным резонансом обладают двумя видами энергоёмких параметров, (индуктивным и ёмкостным) и свободным процессом в виде затухающего гармонического колебания. Корни характеристического уравнения таких систем комплексно сопряжённые В то же время существуют резонансные RC-системы с одним энергоёмким параметром и экспоненциальными собственными процессами, Известно, что корни характеристического уравнения систем с экспоненциальными собственными процессами являются действительными величинами. Тем не менее, резонанс в таких системах имеет место. Доказательно производится устранение отмеченного противоречия. Показано, что в цепной RC-линии с экспоненциальными собственными процессами возможен резонанс в силу особого поведения суммы собственных процессов. Таким образом, расширяется класс линейных резонансных систем, корни характеристических уравнений которых могут быть как комплексно сопряжёнными, так и отрицательными действительными числами.

Ключевые слова: собственный процесс, свободный процесс, энергоёмкий параметр, комплексно сопряжённый

INVESTIGATION OF THE FORMATION OF A FREE PROCESS IN A RESONANT CHAIN LINE

S.S.Zelmanov

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

The purpose of the work: It consists in proving the possibility of resonance in a catenary RC line with one type of energy-intensive parameter

Methodology: We study the formation of a damped harmonic free process at the output of a catenary RC-line based on the summation of the system's own exponential processes.

Result: The possibility of existence of resonance in a system with real roots of the characteristic equation is shown.

Novelty: The class of resonant linear stationary systems has been extended

It is known that systems with frequency resonance have two types of energy-intensive parameters, (inductive and capacitive) and a free process in the form of a damped harmonic oscillation. The roots of the characteristic equation of such systems are complexly conjugate. At the same time, there are resonant RC systems with one energy-intensive parameter and exponential eigenprocesses, it is known that the roots of the characteristic equation of systems with exponential eigenprocesses are real quantities. Nevertheless, there is a resonance in such systems. Evidently, the noted contradiction is eliminated. It is shown that in a chain RC-line with exponential with exponential eigenprocesses, resonance is possible due to the special behavior of the sum of eigenprocesses. Thus, the class of linear resonant systems is extended, the roots of the characteristic equations of which can be both complex conjugate and negative real numbers

Key words: intrinsic tac process, free process, energy-intensive parameter, complex conjugate.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ
НАЧАЛЬНИКА СЛУЖБЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ АВИАЦИОННОГО
СОЕДИНЕНИЯ**

И.Ю. Курьянов

ORCID: 0000-0002-7333-1818 e-mail: igku1@yandex.ru

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина (г. Воронеж)

В работе рассмотрено создание принципиально новых программных модулей, необходимых для повышения оперативности поддержки принятия решения должностными лицами службы радиоэлектронной борьбы авиационного соединения в служебной и боевой деятельности. Использование разработанных программных модулей позволит: оценить дальность обнаружения боевых порядков самолетов радиолокационными станциями системы противовоздушной обороны противника; рассчитать рубежи ввода в бой истребительной авиации противника; повысить оперативность работы органа управления радиоэлектронной борьбы по принятию решения на выполнение боевых задач боевым порядком, а также уровень достоверности принятых решений. Полученные программные модули могут послужить основой для создания целостной информационно-расчетной системой начальника службы радиоэлектронной борьбы части (соединения).

Ключевые слова: радиоэлектронная борьба, дальность обнаружения, оперативно-тактическая авиация.

**DEVELOPMENT SOFTWARE MODULES SUPPORT THE DECISION-MAKING THE HEAD
THE ELECTRONIC WARFARE SERVICE OF THE AIR MILITARY CONNECTION**

I.Yu. Kurjanov

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: development software modules in order to increase the efficiency operational-tactical calculations carried out by the electronic warfare service aviation formations (units) at the stage of preparation and conduct of hostilities.

Design / methodology / approach: An analysis the process detecting air targets using radar methods shows that the capabilities radio electronic stations for detecting air targets in a noise-free environment are determined by the potential capabilities of the radar, the flight parameters of the battle formation, as well as the presence and position of local objects relative to the radar for detecting air targets. As the main initial data, it is advisable to single out the main performance characteristics of the enemy radar; parameters of the flight of combat formations and characteristics of the terrain.

Findings: The use of the obtained software modules will increase the efficiency of operational-tactical calculations carried out by the electronic warfare service of aviation formations (units) at the stage of preparation and conduct of hostilities. The results obtained can serve as the basis for the creation of an integrated information and settlement system for the head the electronic warfare service of the military connection.

Research limitations/implications: Existing special mathematical software tools do not fully meet modern requirements for decision support for combat use. The constantly expanding range of assessment tasks entails the creation of a new information and calculation complex on a cross-platform basis, containing adaptive relational databases.

Originality/value: At present, various methods and algorithms for evaluating certain areas of activity in evaluating the electronic warfare exist and are used in the practical activities of the control bodies of the electronic warfare service of aviation formations (units). However, they either do not fully take into account a number of factors, or are disparate tasks, which does not allow taking into account the relationship between the results obtained and, as a result, determining a rational option for conducting electronic warfare that ensures the maximum reduction in combat losses when performing a combat mission.

Key words: electronic warfare, detection range, tactical aviation

**АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ СЕТЕЙ 5G**

М. А. Морозов

ORCID: 0009-0009-5732-3867 e-mail: mat.morozov2012@yandex.ru

Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р. Е. Алексеева

Цель работы: Рассмотреть алгоритмы управления очередью и проанализировать их применимость в сетях 5G.

Методология: Управление очередями позволяет уменьшить сетевую буферизацию, что сокращает время передачи пакетов и разброс задержек и, как следствие, экономит полосу пропускания для потоков трафика, использующих один и тот же буфер.

Новизна и последствия исследования: В этой статье обсуждаются различные алгоритмы организации очередей для уменьшения задержки в узких местах передачи данных, рассматриваются их преимущества и недостатки, оценивается их применимость в мобильных сетях следующего поколения 5G и предлагается их адаптация, что ранее не изучалось.

Ценность решения и результаты: Ценность исследования заключается в том, чтобы рассмотреть механизмы управления очередью и показать их преимущества при интеграции в сети 5G. Использование существующих алгоритмов управления очередями для уменьшения задержки в узких местах данных в сетях 5G ранее не изучалось. Таким образом, использование этих методов в сетях 5G должно уменьшить занятость очереди, сохраняя при этом пропускную способность потока данных близкой к достижимому максимуму, для удовлетворения заданным критериям качества обслуживания (QoS).

Ключевые слова: сеть радиодоступа, 5G, сетевая буферизация, качество обслуживания, управление очередью, пропускная способность, задержка.

**IDENTIFYING AND RESEARCHING MECHANISMS
TO IMPROVE QUALITY OF SERVICE FOR 5G NETWORKS**

M. A. Morozov

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

Purpose: To consider queue management algorithms and analyze their applicability in 5G networks.

Design/methodology/approach: Queue management allows to reduce network buffering, which reduces packet transit time and delay spread, and as a result, saves bandwidth for traffic flows that use the same buffer.

Findings: This article discusses various queuing algorithms to reduce latency at data bottlenecks, discusses their advantages and disadvantages, evaluates their applicability in next-generation 5G mobile networks, and proposes their adaptation, which has not been previously studied.

Research limitations/implications: Research is limited by the fact that many TCP congestion control algorithms rely on lost packets to adjust the transmission rate. Nevertheless, the implementation of the CoDel Queue Management algorithm is considered for the solution.

Originality/value: The value of the study is to consider the mechanisms of queue management and show their advantages when integrating into 5G networks. The use of existing queuing algorithms to reduce latency at data bottlenecks in 5G networks has not been previously studied. Thus, the use of these methods in 5G networks should reduce queue occupancy while keeping the data throughput close to the achievable maximum, in order to satisfy the specified quality of service (QoS) criteria.

Keywords: radio access network, 5G, network buffering, quality of service, queue management, throughput, latency.

**МЕТОДЫ И БИБЛИОТЕКИ РАСПОЗНАВАНИЯ ИМЕНОВАННЫХ СУЩНОСТЕЙ В
ТЕКСТЕ (NER), ОСНОВАННЫЕ НА МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ, ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛОКАЦИЙ**

И.О. Христофоров

ORCID: 0009-0005-0415-436X e-mail: hristoforov.ilya@gmail.com

Ю.С. Егоров

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

Н.Е. Пособилов

ORCID: 0000-0001-8850-4219 e-mail: posne44@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача распознавания именованных сущностей в тексте (NER – NamedEntityRecognition) в рамках обработки естественного языка (NLP – NaturalLanguageProcessing) — процесс, который востребован во многих сферах, связанных с обработкой больших объёмов текста и информации. В частности, для разных целей существует необходимость в распознавании упоминаемых географических локаций. Данный процесс облегчает оперативный анализ и понимание в каком месте на карте произошло событие или какой текст имеет отношение к определенной географической локации. Распознавание именованных сущностей является одной из классических задач обработки естественного языка наравне с классификацией, машинным переводом и другими. В докладе рассматриваются методы и пакеты, которые используются для решения задачи распознавания географических локаций в тексте, формулируется вывод о наиболее оптимальном пакете в контексте работы с русским языком.

Ключевые слова: распознавание именованных сущностей, NER, NLP, обработка естественного языка, BERT, RuBERT, GPT, трансформеры

**MACHINE LEARNING BASED METHODS AND LIBRARIES FOR NAMED ENTITIES
RECOGNITION IN TEXT (NER) FOR THE PURPOSE OF DETERMINING GEOGRAPHICAL
LOCATIONS**

I.O. Khristoforov, Y.S. Yegorov, N.E. Posobilov

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

Purpose: This article is aimed to choose the most appropriate and effective method and package for identifying named entities in text for recognizing geographic locations in the context of the Russian language.

Design/methodology/approach: Theoretical and imperative approaches are used during the research. Literary sources and their implementations are considered.

Findings: The best package and underlying method for identifying named entities in text for recognizing geographic locations in the context of the Russian language is proposed. Architectures based on this package can be used for web-applications like ones which places the information on the map.

Research limitations/implications: The present article provides a starting-point for further research in the NER system developing for recognizing geographic locations in the context of the Russian language.

Originality/value: The process considered within the framework of the article is in demand in many areas related to the processing of large volumes of text and information. This process makes it easier to quickly analyze and understand where on the map an event occurred or what text is relevant to a particular geographical location. Based on the proposed package and NER-methods, the development of appropriate applications can be built.

Keywords: named entity recognition, NER, NLP, natural language processing, BERT, RuBERT, GPT, transformers

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ
ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫХ СИСТЕМ**

В.М. Чистобаев

ORCID: 0000-0002-4249-0349 e-mail: chistobaev58@mail.ru

Н.Е. Пособилов

ORCID: 0000-0001-8850-4219 e-mail: posne44@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе предложены характеристики (Доступность, Скорость поиска, Полнота, Точность, Актуальность, Наглядность) и параметры информационно-поисковых систем (Edge, Opera, Google, Yahoo, Rambler, Yandex) для исследования и сравнения.

Цель исследования – определить сущность и значимость информационно-поисковых систем в современном обществе и выявить наиболее совершенную с точки зрения интерфейса и алгоритма поиска информационно-поисковую систему для пользователя.

В соответствии с поставленной задачей были получены следующие результаты: рассмотрены теоретические основы автоматизированного информационного поиска, описаны классификации и разновидности современных информационно-поисковых систем, проведен сравнительный анализ современных поисковых систем, выявлены преимущества и недостатки информационно-поисковых систем.

Ключевые слова: Характеристики, поисковые системы, Сравнительный анализ.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN SEARCH ENGINES

V.M. Chistobaev, N.E. Posobilov

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

Purpose: The paper offers characteristics (Accessibility, Search Speed, Completeness, Accuracy, Relevance, Visibility) and parameters of search engines (Edge, Opera, Google, Yahoo, Rambler, Yandex) for research and comparison.

The purpose of the study is to determine the essence and significance of information search engines in modern society and to identify the most perfect system for the user in terms of interface and search algorithm.

Findings: In accordance with the task, the following results were obtained: the theoretical foundations of automated information retrieval were considered, classifications and varieties of modern search engines were described, comparative analyses of modern search engines were carried out, advantages and disadvantages of search engines were identified.

Keywords: Characteristics, search engines, Comparative analysis.

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ
СЕТИ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ****А.В. Рябов**ORCID: **0000-0003-4578-0840** e-mail: **ryalvy@mail.ru**Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

В работе предложены способы повышения помехоустойчивости сети авиационной радиосвязи на основе оптимизации ее показателей. Анализ показателей помехоустойчивости радиосети позволил их разделить на энергетические, временные и признаковые. Рассмотрены возможности по оптимизации энергетических и временных показателей на основе адаптивного управления структурным и параметрическим ресурсом. Структурная адаптация предлагается на основе ретрансляции сигналов по составным или параллельным радиолиниям. Произведена оценка эффективности разработанных способов повышения помехоустойчивости и сделаны рекомендации по их практическому применению в сетях авиационной радиосвязи.

Ключевые слова: показатели помехоустойчивости, параллельная ретрансляция, синфазное сложение мощности сигналов, попеременное излучение.

**OPTIMIZATION OF INTERFERENCE IMMUNITY INDICATORS
OF AERONAUTICAL RADIO COMMUNICATION NETWORK****A. V. Ryabov**

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy, Voronezh

Purpose: The author proposes ways to increase the noise immunity of an aviation radio communication network based on the optimization of the energy and time indicators of its elements within the framework of adaptive control of the network's structural and parametric resource.

Design / methodology / approach: Analysis of indicators of noise immunity of a radio communication network allowed the author to divide them into energy, temporal and indicative. Opportunities for optimizing energy and time indicators based on adaptive control of the structural and parametric resource are considered. Structural adaptation is proposed on the basis of signal retransmission over composite or parallel radio links. The effectiveness of the developed methods for improving noise immunity is evaluated and recommendations are made for their practical application in aviation radio communication networks.

Findings: The paper proposes ways to improve the noise immunity of the aviation radio communication network based on the optimization of energy and time indicators. Based on the evaluation of the effectiveness of the developed methods, recommendations are made for their practical application in aviation radio communication networks.

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

Originality/value: The developed methods for optimizing the energy and temporal indicators of noise immunity in aviation radio communication networks with adaptive control of the structural and parametric resource make it possible to increase the level of the useful signal at the receiver input during parallel relaying of signals through two or more repeaters, as well as to minimize the radiation time of transmitters at one frequency based on alternate relaying. Практическая реализация предложенных способов, при их комплексном применении с существующими способами параметрической адаптации, позволяет повысить помехоустойчивость сетей авиационной радиосвязи.

Key words: noise immunity indicators, parallel retransmission, in-phase addition of signal power, alternating emission.

**ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ИНФОРМАЦИИ
ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ПО НЕНАДЕЖНОМУ КАНАЛУ**

А.В. Семашко

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

А.Д. Абакшин

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Важнейшая проблема современно общества – это надежная высокоскоростная связь. Получение не искаженной помехами информации стало естественной потребностью и с каждым годом, она только возрастает. Для этого необходимо повысить защищенность данных, передаваемых по каналам связи. Одним из методов повышения достоверности передачи данных являются помехоустойчивые коды. В работе рассматривается метод мягкого декодирования помехоустойчивого кода. В общем случае оно более трудоемко, чем декодирование с жестким решением, что окупается повышением эффективности системы кодирования.

Ключевые слова: кодирование, минимизация вероятности ошибки, квантование, мягкое декодирование.

**INCREASING INFORMATION IMMUNITY
IF TRANSMITTED BY AN UNRELIABLE CHANNEL**

A.V. Semashko

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

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 data transmission through the use of soft decoding methods.

Design/methodology/approach: Algorithms for encoding and decoding codes with soft decision are given. The experiments were based on comparing the methods of error-correcting coding according to the efficiency criterion. A method for soft decoding of an error-correcting code is considered. In general, it is more labor intensive than hard decision decoding, which pays off in increased efficiency of the coding system. The possibilities of minimizing the probability of a sequence error and minimizing the probability of a symbol error are studied.

Findings: Improving the efficiency of the coding system. Achieving the same efficiency as a hard decision code with a soft decision code with a signal-to-noise ratio of 2 to 3 dB less, which means that in the case of using a soft decision code, the radiated power of the transmitter can be reduced compared to hard rhenium .

Research limitations/implications: The analysis will be carried out only for error correction codes used in digital communications.

Originality/value: This study makes it possible to increase the noise immunity of unreliable communication channels by using soft decision codes, that is, by increasing the complexity of calculations.

Keywords: coding, error minimization, quantization, soft decoding.

**АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ
В РАДИОТЕХНИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЛЕТОВ**

В.А.Семенов

ORCID:0000-0001-8861-9577e-mail: vadsem85@gmail.com

А.Г. Ивануткин

ORCID:0000-0001-8396-8508e-mail: mazurova83@mail.ru

В.В. Переверзев

ORCID:0000-0002-7141-7781e-mail: ferztambov@mail.ru

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

Целью статьи является обзор и анализ опасных факторов, возникающих при эксплуатации средств связи и радиотехнического обеспечения (РТО) полетов, а также способов их исключения, основанных на повышении надежности системы связи и РТО полетов.

Для повышения эффективности выполнения функциональных обязанностей обслуживающим персоналом средств связи и РТО полетов в современных условиях необходимо совершенствовать систему их подготовки и контроля, которая должна предполагать широкое внедрение и оборудование специализированных рабочих мест, позволяющих спрогнозировать и имитировать повседневные и экстремальные ситуации в обеспечении полетов, а также произвести оценку действий оператора.

Еще одним вектором повышения надежности системы связи и РТО полетов должно стать автоматизация системы контроля проведения технического обслуживания и исправности средств связи и РТО полетов.

В целом следует отметить, что совершенствование программы подготовки и контроля готовности обеспечивает увеличение надежности системы связи и РТО к обеспечению полетов. Повышение надежности приводит к снижению вероятности возникновения опасных факторов и, как следствие, к уменьшению вероятности возникновения авиационных происшествий по вине системы связи и РТО полетов.

Ключевые слова: опасные факторы, безопасность полетов, надежность.

**RELEVANCE OF THE APPLICATION OF AUTOMATED CONTROL
IN THE RADIO ENGINEERING SUPPORT OF FLIGHTS**

V.A. Semenov, A.G. Ivanutkin, V.V. Pereverzev

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: the purpose of the article is to analyze dangerous factors arising during operation of communications and radio engineering support for flights, and ways to eliminate them by increasing the reliability of the communication system and radio engineering support for flights.

Design/methodology/approach: statistics show that shortcomings in the communication system and radio technical support of flights can lead to the emergence of dangerous factors that can sometimes become the main causes of aviation accidents.

In order to eliminate their occurrence and, as a result, to reduce the likelihood of accidents, it is necessary to improve the reliability of the communication system and radio engineering support for flights. The reliability of the communication system and radio equipment depends on the technical reliability and error-free performance of their functional duties of the service personnel.

Conclusions: as a result of the improvement the training program for maintenance personnel and readiness control through the creation and implementation of automated systems, the reliability of the communication system and radio engineering support for flights will increase. The increase in reliability will lead to a decrease in the probability of occurrence of dangerous factors and, as a result, to a decrease in the probability of accidents caused by the communication system and radio technical support of flights.

Limitations of the study/consequences: this article is a starting point for further research in the field of development of an automated control system for radio engineering.

Originality/value: the use of automated systems can be used to train maintenance personnel and monitor the serviceability of flight support radio equipment.

Keywords: dangerous factors, flight safety, reliability

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ
КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ****Е.В. Сидорова**

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

Н. И. Большаков.

ORCID: 0000-0002-9690-2820 e-mail: lobsteron@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева

В докладе приведен сравнительный анализ различных методов классификации машинного обучения, а также рассмотрено совместное использование методов классификации с методами препроцессинга исходных числовых данных. Для комплексного сравнения выбраны следующие методы классификации: логистическая регрессия и наивный байесовский классификатор. Для оценки влияния препроцессинга входных данных на работу классификаторов были применены следующие методы: бинаризация, исключение среднего, масштабирование, нормализация. Исследование проводилось с использованием языка программирования Python и библиотеки машинного обучения scikit-learn.

В ходе экспериментов для каждого метода классификации в сочетании с разными методами препроцессинга исходных данных собирались значения следующих специфичных параметров: параметра регуляризации, функция измерения качества разделения, доля наибольшей дисперсии всех признаков и стандартных критериев работы классификаторов: качество(accuracy), полнота(recall), точность(precision) и F-мера. Для сравнительного анализа результатов проведенных экспериментов в качестве критериев сравнения выбраны стандартные. Данное исследование проводилось с целью выбрать наиболее эффективные методы препроцессинга для работы различных классификаторов. Результаты исследования могут быть применены при создании классификаторов, участвующих в решении практических задач, таких как: задачи медицинской диагностики, оценка кредитоспособности заёмщиков, предсказание месторождений полезных ископаемых, обнаружение спама.

Ключевые слова: классификация, логистическая регрессия, наивный байесовский классификатор, scikit-learn.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING METHODS FOR DATA
CLASSIFICATION PROBLEMS****E.V. Sidorova, N. I. Bolshakov**

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

Purpose: This article describes a study of the joint use of classification methods with preprocessing methods, the results of which can be used in any suitable commercial tasks.

Design / methodology / approach: The article considers the choice of clustering algorithms based on their comparative analysis. For each classification method, the optimal operating parameters were determined, and the efficiency of the considered methods was compared. A study was made of the operation of various methods of data preprocessing, as well as their influence on the efficiency of the classifier. These studies were carried out in order to identify the characteristic features of the most effective modes of operation of various classifiers, which can be used in solving real commercial problems. The following algorithms were used for the experiments: Logistic regression, Naive Bayes classifier.

Findings: The article defines the characteristic features of the most efficient modes of operation of various classifiers, which can be used in solving real commercial problems.

Research limitations/implications: The study is limited to using classification algorithms from the Scikit-learn Python module.

Originality/value: The value of the entire article lies in the complexity of the approach to comparing classification and preprocessing methods, achieved by combining various model parameters, usage modes and preprocessing methods.

Key words: classification, logistic regression, naive bayes classifier, scikit-learn.

**РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ТРЕКЕРА ДЛЯ
ОТСЛЕЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ****Е.В. Сидорова**ORCID: 0000-0002-6828-1625 e-mail: sidorova-elena@yandex.ru**И. А. Королев**ORCID: 0000-0001-5603-3176 e-mail: merprnet@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексева

В настоящее время компьютерное зрение одно из самых популярных направлений машинного обучения. Оно используется при проектировании систем дистанционного управления, систем обнаружения и распознавания объектов. Стоит отметить, что сейчас становится все более важна не только точность, но и скорость выполнения распознавания.

Доклад содержит сравнительный анализ существующих методов отслеживания объектов и архитектур моделей распознавания объектов. Для исследования выбраны архитектуры моделей распознавания объектов семейства Yolo и методы отслеживания (трекинга) объектов: Канаде – Лукаса, сдвиг среднего значения, определение углов Харриса и Стивенса. Проведенный анализ включал ряд экспериментов, которые проводились с помощью языка программирования Python и набора сложных высококачественных видеоданных (датасета) COCO. Полученные результаты визуализировались с помощью библиотеки matplotlib языка программирования Python. В ходе экспериментов для архитектур моделей семейства Yolo применялись вышеперечисленные методы отслеживания и измерялись такие показатели для каждой комбинации «архитектура-метод» как: точность распознавания, время отклика, производительность, оценка F1-score, коэффициент потери объектов, коэффициент пересечения объектов. По результатам экспериментов выбрана архитектура модели распознавания объектов YOLOv6 и метод отслеживания Канаде – Лукаса, как комбинация, обеспечивающая наибольшую скорость выполнения распознавания объектов среди рассмотренных. В дальнейшем, планируется создание интерактивного трекера для отслеживания объектов на основе выбранной архитектуры модели распознавания объектов YOLOv6 и метода отслеживания Канаде – Лукаса.

Ключевые слова: компьютерное зрение, Yolo, KTL, mean shift, COCO.

**DEVELOPMENT OF INTERACTIVE TRACKER FOR
TRACKING OBJECTS****E.V. Sidorova, I. A. Korolev**

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

Purpose: This article discusses the choice of object recognition architecture that can be used to develop interactive tracking. A quantitative and qualitative analysis of existing architectures, tracking methods and impact of parameters on quality of tracking has been carried out.

Design / methodology / approach: The paper considers the choice of object recognition architecture and tracking method based on their analysis. The determination of the most suitable architecture was carried out by performing the following studies: selection of optimal configuration parameters, model retraining, measurement of speed of tracing object. The following were used to conduct the experiments: architecture YOLO different versions, method Lucas-Kanade, mean shift, Harris corner detector.

Findings: The article defines the most appropriate recognition architectures and tracking methods applicable to task of develop interactive tracking.

Research limitations/implications: The study is limited to the use of ready architectures for object recognition. Nevertheless, the results obtained can be further used in various fields of activity.

Originality/value: The value of the whole article lies in the development of interactive tracking for tracking objects with the maximum speed of performing object recognition.

Key words: computer vision, Yolo, Lucas-Kanade, mean shift, Harris corner detector.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КАТЕГОРИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВЕБ-СЕРВИСА МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Е.В. Сидорова

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

Н. И. Чернышов

ORCID: 0000-0001-9900-8237 e-mail: chernyllexs@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Для любого веб-сервиса в эру «больших данных» остро встает задача категоризации пользователей с целью применения определенной маркетинговой политики для каждой из них. Это необходимо для повышения конверсии и прибыли фирмы.

В докладе описываются этапы построения скоринговой модели пользователей веб-сервиса и рассматривается их категоризация на основе методов кластеризации машинного обучения. Для исследования выбраны следующие алгоритмы кластеризации машинного обучения: k-means, minibatch k-means, mean shift, agglomerative clustering. Исследования проводились с использованием языка программирования Python и библиотеки машинного обучения scikit-learn. Полученные результаты экспериментов визуализированы с помощью библиотеки matplotlib.

В процессе исследования алгоритмов кластеризации решены следующие задачи: прогнозирование оптимального количества кластеров, сравнительный анализ влияния объёма выборки и количества признаков на точность кластеризации, измерено быстродействие программной реализации выбранных алгоритмов на тестовой выборке данных. Данные исследования проводились с целью выбрать наиболее оптимальный алгоритм кластеризации для построения скоринговой модели пользователей веб-сервиса.

Ключевые слова: кластеризация, k-means, mean shift, agglomerative clustering, scikit-learn.

SOLVING THE PROBLEM OF CATEGORIZATION OF WEB SERVICE USERS BY MACHINE LEARNING METHODS

E.V. Sidorova, N. I. Chernyshov

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

Purpose: This article discusses the choice of a clustering algorithm that can be used to categorize users of web systems. Quantitative and qualitative analysis of existing clustering algorithms is performed in order to determine their advantages and disadvantages.

Design / methodology / approach: The paper considers the choice of clustering algorithms based on their comparative analysis. The determination of the most suitable algorithm was carried out by performing the following studies: selection of optimal configuration parameters of the clustering function, determination of the influence of the sample size and the number of features on the accuracy of clustering, measurement of the speed of clustering on the same data sample. The following algorithms were used to conduct the experiments: k-means, minibatch k-means, mean shift, agglomerative clustering.

Findings: The article defines the most appropriate clustering method applicable to the task of categorizing users.

Research limitations/implications: The study is limited to using clustering algorithms from the Python Scikit-learn module. Nevertheless, the results obtained can be further used in automatic user categorization systems, such as loyalty programs.

Originality/value: The value of the whole article lies in determining the most efficient and universal algorithm in terms of speed and accuracy, which allows it to be used in a variety of systems.

Key words: clustering, k-means, mean shift, agglomerative clustering, python.

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

Ю.М.Туляков,

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

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

Л.Р.Кириллов,

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.А. Алексеева

Д.Е. Шакаров

ORCID: 0000-0002-2040-5879 e-mail: dimashakarov@mail.ru

ПАО «НИТЕЛ»

Цель работы: Определение метода оценки территориальной надежности подвижной связи (надежности в зоне ее действия) применительно к региональной сотовой связи.

Методология: В системах (сетях) сотовой связи до сих пор используются различные поколения технологий - от 2G до 4G. Поэтому оценка территориальной надежности сотовой радиосвязи должна производиться решением многовариантной задачи для различных используемых технологий сотовой связи.

Новизна и последствия исследования: Территориальная надежность сотовой радиосвязи регионального значения (уровня) должна учитывать неравномерность (неполноту) покрытия сотовой связью региона сетями с технологиями различных поколений. Для этого предлагается использовать метод преобразования границ территорий со сложной конфигурацией к виду окружности с радиусом, определяющим площадь этой территории.

Ценность решения и результаты: В статье предлагается и рассматривается указанная методика определения территориальной надежности сотовой радиосвязи на региональном уровне с конкретным ее применением для одного из регионов РФ.

Ключевые слова: надежность связи, радиосигналы, сотовая связь, территория зоны связи.

SUBSTANTIATION OF THE METHOD FOR ASSESSING THE TERRITORIAL RELIABILITY OF CELLULAR COMMUNICATION AT THE REGIONAL LEVEL

Yu.M. Tulyakov,

Nizhny Novgorod State Technical University. R.A. Alekseeva
Volga-Vyatka Branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics

L.R. Kirillov,

Nizhny Novgorod State Technical University. R.A. Alekseeva

D.E. Shakarov

PAO NITEL

The purpose of the work: Determination of a method for assessing the territorial reliability of mobile communications (reliability in its coverage area) in relation to regional cellular communications.

Methodology: Various generations of technologies are still used in cellular communication systems (networks) - from 2G to 4G. Therefore, the assessment of the territorial reliability of cellular radio communication should be carried out by solving a multivariate problem for various used cellular communication technologies.

Novelty and consequences of the study: The territorial reliability of cellular radio communications of regional significance (level) should take into account the uneven (incomplete) coverage of cellular communications in the region by networks with technologies of different generations. For this it is proposed. use the method of converting the boundaries of territories with a complex configuration to a circle with a radius that determines the area of this territory.

Solution value and results: The article proposes and discusses the specified method for determining the territorial reliability of cellular radio communications at the regional level with its specific application for one of the regions of the Russian Federation.

Key words: communication reliability, radio signals, cellular communication, communication zone territory.

УДК 621.396

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДИК И СПОСОБОВ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПРИНЦИПАХ (ВИДАХ) ЕЕ ОРГАНИЗАЦИИ

Ю.М.Туляков,

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

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

А.В.Пронин

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

АО «Конструкторское бюро «Кунцево», г. Нижний Новгород

Д.Е. Шакаров

ORCID: 0000-0002-2040-5879 e-mail: dimashakarov@mail.ru

ПАО «НИТЕЛ»

Цель работы: Анализ видов помех и затуханий радиосигналов в различных видах подвижной связи, определение методик и способов оценки ее надежности.

Методология: Для систем наземной подвижной, квазистационарной и спутниковой связи анализируются виды помех и затуханий их радиосигналов (в том числе мультипликативных помех). Определяется их влияние на надежности радиосвязи по времени и по территории зоны обслуживания, обосновываются методики оценки этих видов надежности.

Новизна и последствия исследования: Обобщаются и систематизируются виды помех и затуханий радиосигналов в различных видах подвижной связи, на основании чего определяются и сопоставляются методы и способы оценки надежности радиосвязи в этих видах связи.

Ценность решения и результаты: Результаты, изложенные в статье, могут быть использованы в сравнительной форме для оценки надежности радиосвязи указанных видов подвижной связи.

Ключевые слова: надежность радиосвязи, помехи, затухания радиосигналов, подвижная связь.

DETERMINATION OF METHODS AND METHODS FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF MOBILE RADIO COMMUNICATION UNDER VARIOUS PRINCIPLES (TYPES) OF ITS ORGANIZATION

Yu.M. Tulyakov,

Nizhny Novgorod State Technical University. R.A. Alekseeva
Volga-Vyatka Branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics

A.V. Pronin

JSC Design Bureau Kuntsevo, Nizhny Novgorod

D.E. Shakarov

PAO NITEL

The purpose of the work: Analysis of the types of interference and attenuation of radio signals in various types of mobile communications, determination of methods and methods for assessing its reliability.

Methodology: For terrestrial mobile, quasi-stationary and satellite communication systems, the types of interference and attenuation of their radio signals (including multiplicative interference) are analyzed. Their influence on the reliability of radio communications over time and over the territory of the service area is determined, methods for assessing these types of reliability are substantiated.

Novelty and consequences of the study: The types of interference and attenuation of radio signals in various types of mobile communications are generalized and systematized, on the basis of which methods and methods for assessing the reliability of radio communications in these types of communications are determined and compared.

Solution value and results: The results presented in the article can be used in a comparative form to assess the reliability of radio communications of these types of mobile communications.

Key words: radio communication reliability, interference, radio signal attenuation, mobile communications.

УДК 621.396:358.4

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЁТОВ АВИАЦИИ

В.С. Федюченко

ORCID: 0000-0001-6258-3529 e-mail: vladimir.fedyuchenko@yandex.ru

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

С начала прошлого века, в связи со стремительным прогрессом в области авиастроения, наблюдается увеличение интенсивности и плотности воздушного движения, характеризующее особенности применения не только гражданской, но и специальной авиации. В данных условиях особую роль приобретает радиотехническое обеспечение (РТО) полётов, одна из основных задач которого заключается в формировании достоверной и безопасной навигационной информации и своевременной её выдачи на борт воздушного судна и пункты управления с целью определения текущего местоположения воздушного судна на всех этапах полёта в заданной области воздушного пространства. С целью определения наиболее рациональных конфигураций системы связи и РТО, распределения сил и средств связи и РТО, определения порядка их использования, т.е. способности системы связи и РТО выполнять поставленные задачи, необходимо проводить оценку эффективности подсистемы РТО.

В предлагаемом подходе оценки эффективности РТО предлагается осуществлять в несколько этапов: расчёт значений частных показателей, обозначение значения функции желательности каждого частного показателя (частной желательности), свертка частных функций желательности в обобщённый показатель.

Ключевые слова: радиотехническое обеспечение, навигационное поле, коэффициент эффективности

AN APPROACH TO ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF RADIO ENGINEERING SUPPORT FOR AVIATION FLIGHTS

V.S. Fedyuchenko

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

Purpose: Development of an approach to evaluating the effectiveness of the radio engineering support system for aviation flights, which allows for the rational construction of a radio engineering support system.

Design/methodology/approach: To evaluate the effectiveness of the radio engineering support system, it is proposed to use the generalized Harrington desirability function.

Findings: The proposed approach to assessing the effectiveness of radio engineering allows us to determine the most rational configuration of the communication system and radio engineering support for aviation flights, to carry out the distribution of forces and means of communication and radio engineering support, to determine the order of their use.

Research limitations/implications: This article is a stage of research in the field of improving the efficiency of radio engineering support for aviation flights.

Originality/value: A distinctive feature of the proposed approach to evaluating the effectiveness of the flight radio engineering system from the previously developed ones is the consideration of both non-autonomous and autonomous radio navigation means.

Keywords: radio engineering support, navigation field, efficiency coefficient

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНЫХ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В «УМНОЙ» ПТИЦЕФАБРИКЕ

ШамаснаХамза

ORCID: [0000-0002-7637-2471](https://orcid.org/0000-0002-7637-2471) e-mail: t26032017@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе предложен разработка эффективной системы контроля гидротермических параметров (температуры и относительной влажности), которая направлена на поддержание комфортных микроклиматических параметров с помощью гибридизация нейронных сетей с нечеткой логикой, позволяющий проводить идентификацию сложных нелинейных динамических объектов и синтезировать для них нелинейные законы управления, что дает возможность решать рассматриваемую задачу синтеза системы управления в условиях частичной неопределенности на основе имеющихся экспериментальных данных, полученных на объекте. Гибридизация нейронных сетей с нечеткой логикой позволяет существенно повысить эффективность работы систем автоматического управления за счет того, что недостатки, присущие одной из технологий, компенсируются преимуществами другой

Ключевые слова: искусственных нейронных сетей (ANN), нечеткой логики (FLC), адаптивную систему нейро-нечеткого вывода – ANFIS.

DEVELOPMENT SYSTEM FOR MONITORING HYDROTHERMAL PARAMETERS TO MAINTAIN COMFORTABLE MICROCLIMATIC PARAMETERS IN A "SMART" POULTRY FARM

Shamasna Hamza

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

Purpose: The author provides Development of an effective system for monitoring hydrothermal parameters (temperature and relative humidity), which is aimed at maintaining comfortable microclimatic parameters using hybridization of neural networks with fuzzy logic

Design / methodology / approach: Hybridization of neural networks with fuzzy logic can significantly improve the efficiency of automatic control systems due to the fact that the disadvantages inherent in one of the technologies are compensated by the advantages of the other, At the time of training the neural network, the initial data is taken from the training sample, then the network processes data on the characteristics of the physical environment obtained in the real time. The measured values (T, W) are transmitted to the second layer of the network, where the stage of formation of belonging to a group of fuzzy sets takes place. To form the primary data set, the results of experimental studies conducted within this room and several similar rooms equipped with climate control systems were used, the desired operation parameters were taken from scientific papers on the microclimate of closed poultry houses, as well as expert recommendations on the operation of microclimate systems in the agro-industrial complex. Primary data is divided into groups according to their properties.

Membership functions define correspondences between input data and fuzzy sets. The study showed that the input data belong to one of the 25 groups of the range of values of the input vectors

Findings: The paper finds to use of neural networks, including fuzzy ones, to control the microclimate in digital poultry farms is a worthy option. This is due to the fact that neural networks have high dynamic adaptability and are able to learn based on previous data and experience. They can also take into account fuzzy or uncertain data, which makes them more suitable for managing the microclimate in digital farms.

Research limitations/implications: Research is limited, expert data, and all input variables affecting the system, at which it is possible to investigate in further work.

Originality/value: The combined use of artificial neural networks (ANN) and fuzzy logic (FLC) makes it possible to identify complex nonlinear dynamic objects and synthesize nonlinear control laws for them, which makes it possible to solve the problem of control system synthesis under partial uncertainty on the basis of available experimental data obtained at the facility.

Key words: artificial neural networks (ANN), fuzzy logic (FLC), adaptive neuro-fuzzy inference system – ANFIS

МОДЕЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Р.О. Баринов

ORCID: 0000-0002-0269-3205 e-mail: barinovr@list.ru

В.Е. Гай

ORCID: 0000-0002-3644-5234 e-mail: iamuser@inbox.ru

Г.Д. Кузнецов

ORCID: 0000-0001-5564-045X e-mail: gd.smith@yandex.ru

В.А. Голубенко

ORCID: 0000-0002-4683-3249 e-mail: fullmoonshrine@gmail.com

И.А. Новиков

ORCID: 0000-0001-6963-9628 e-mail: nov.ilucha@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Позднее обнаружение проблем, возникающих в процессе обучения нейронных сетей, может приводить к снижению качества их работы что, в свою очередь, влечет за собой необходимость проведения повторных итераций обучения и, как следствие, дополнительные временные и финансовые затраты. В работе предложена модель, позволяющая осуществлять анализ результатов процесса обучения искусственных нейронных сетей на основе признакового описания кривых обучения. Предложенная модель основана на машинном обучении и является частью обобщающей модели интеллектуального управления процессом обучения нейронных сетей. В работе описан подход к интеграции предложенной модели с моделью автоматического машинного обучения. Проведён вычислительный эксперимент, показавший сопоставимость предложенной модели с аналогами. Описаны дальнейшие перспективы усовершенствования предложенной модели.

Ключевые слова: кривые обучения, нейронные сети, автоматизация обучения, классификация, early stopping.

INTELLIGENT CONTROL MODEL THE LEARNING PROCESS OF NEURAL NETWORKS R.O. Barinov, V.E. Gai, G.D. Kuznetsov, V.A. Golubenko, I.A. Novikov Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This work is aimed at increasing the degree of automation and interpretation of the learning process of an artificial neural network by analyzing learning curves.

Design / methodology / approach: This paper proposes a model for automatic evaluation of the training results of a neural network based on quality metrics derived from its training process. At each step of model training, the optimizer calculates given network performance metrics. For classification, the main metrics used are cost functions, such as binary or cross-entropy, and the rate of correct predictions. Thus, it is reasonable to consider these metrics as a time series with a step of one epoch of model training. The metrics obtained from the optimizer are used to calculate a series of features that are passed as input to a classification network. The classifier then determines the state of a training process at a given epoch. Three states are defined for the model output: normal training, underfitting and overfitting. The classification result, i.e., an assessment of the learning state at the current epoch, is passed to a management system which, combined with the original performance metrics, determines whether to adjust the learning process, stop it, or continue without changes.

Findings: The article defines the feature descriptions of learning curves based on the methods of mathematical statistics, as well as a classifier model that allows you to determine the state of the learning process at the moment.

Research limitations/implications: Research is limited to classification models. Nevertheless, the results obtained can be further used in automatic machine learning systems.

Originality/value: The value of the whole paper is proposed model of automatic evaluation of the learning outcomes of an artificial neural network, built on the basis of the classification of the characteristic description of the learning curves of artificial neural networks, the algorithm for the

formation of the characteristic description of learning curves and the algorithm for classifying the current state of the learning process of an artificial neural network.

Key words: learning curves, neural networks, learning automation, classification, early stopping.

УДК 004.94

О ПРАКТИЧЕСКИХ ПОДХОДАХ К СОЗДАНИЮ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

А.О. Боровилов

ORCID: 0000-0002-8802-970X e-mail: borovilov@vsuwt.ru

Волжский государственный университет водного транспорта

Технологии виртуальной и дополненной реальности, изначально созданные преимущественно для индустрии развлечений, нашли свое отражение в самых разных отраслях человеческой деятельности, но особенно актуальным является их применение для обучения персонала, а также в качестве систем поддержки принятия решений, о чем свидетельствует наличие большого количества научных статей и программных разработок, посвященным этим темам. Высокая востребованность подобных решений на рынке неминуемо приводит к росту количества различных методик, подходов и технических средств по их созданию. По умолчанию процесс разработки виртуальных тренажеров достаточно сложен и требует от их разработчиков обширных знаний из самых разных отраслей науки и техники. В связи с чем на рынке существует достаточное количество решений, призванных облегчить процесс создания виртуальных тренажеров для неспециалистов. В статье представлен обзор различных подходов создания виртуальных тренажеров на базе технологий виртуальной и дополненной реальности с описаниями плюсов и минусов каждого из подходов, а также рассмотрены конкретные технические решения, с помощью которых осуществляется создание виртуальных тренажеров.

Ключевые слова: тренажеры, виртуальная реальность, дополненная реальность.

ABOUT PRACTICAL APPROACHES TO CREATING VIRTUAL SIMULATORS BASED ON TECHNOLOGIES OF VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY

A.O. Borovilov

Volga State University of Water Transport

Purpose: The article is devoted to the comparison of modern methods of developing virtual simulators based on virtual and augmented reality technologies.

Design/methodology/approach: The article provides an overview of various approaches to creating virtual simulators based on virtual and augmented reality technologies.

Findings: The article presents the pros and cons of each of the approaches to creating virtual simulators, as well as specific technical solutions that are used to create virtual simulators.

Research limitations/implications: The article is an introduction to the problems of virtual simulators developing and it determines the direction for further research.

Originality/value: The development of virtual simulators is widely used in various branches of science and technology. A study of the main approaches to their development will help determine which one to use depending on the task.

Key words: simulators, virtual reality, augmented reality.

УДК 681.518.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В МНОГОУРОВНЕВЫХ КОРПОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

Д.С. Братухин

ORCID:0000-0003-2138-5491e-mail:dmitrybr@outlook.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Управление проектами при условии наличия риска - это тема, получившая достаточное количество исследований. В этой работе рассматривается задача многоуровневой оптимизации принятия решений по управлению проектами. Менеджер принимает решение о правильном объеме работ в проекте в зависимости от того, какое вознаграждение он может получить при успешном завершении проекта. Собственник будет учитывать сложность проекта, доход от его успешного выполнения, а также квалификацию менеджера для того, чтобы определить размер вознаграждения в его интересах. Для начала необходимо рассчитать задачу оптимизации для менеджера нижнего уровня, чтобы получить достигаемый результат. На основе полученных численных решений строятся зависимости целевых функций менеджера и корпорации, вероятности успешного завершения проекта, а также вознаграждения за достижение успеха от относительной сложности проекта и дохода, получаемого при его успешном завершении.

Ключевые слова: двухуровневая оптимизация, менеджмент, управление рисками, математическое моделирование, корпоративное управление

OPTIMIZATION OF THE RISK MANAGEMENT PROCESS IN MULTI-LEVEL CORPORATE SYSTEMS

D.S. Bratukhin

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

Purpose: The author suggests, based on the model we have built, to create a prototype of a system for rewarding managers when they implement projects that involve the risk of failure.

Design / Methodology / approach: To solve this problem, it is proposed to use a bilevel optimization method, assuming that there is some project.

Findings: A model is proposed that allows optimizing the balance of interests of the corporation and managers at various levels. Based on this model, it is possible to build a prototype of a system for rewarding managers when they implement projects that involve the risk of failure. The proposed approach can be extended to the case of a multi-level corporate management system.

Research limitations/simplifications: The proposed formulation assumes a simplified model of motivation of the manager, which is suitable only if he has one project. If there are several projects, the failure of some of them can be compensated by the success of others, which will contribute to less non-linearity in risk accounting. The motivation of such a plan is manifested primarily in the critical sectors for the country.

Originality/value: The proposed approach is a simplified model of motivation of the manager, corresponding to the situation when they have only one project. Based on this model, it is possible to build a prototype of a system for rewarding managers when they implement projects that involve the risk of failure. The proposed approach can be extended to the case of a multi-level corporate management system.

Keywords: bilevel optimization, management, risk management, mathematical modeling, corporate governance

ОЦЕНКА РИСКОВ ГИБЕЛИ РЕЧНОГО ПАССАЖИРСКОГО ВОДОИЗМЕЩАЮЩЕГО СУДНА ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УГРОЗЕ ЗАТОПЛЕНИЯ

А.В. Валяев

ORCID: 0000-0002-0446-6073 e-mail: wav-dk@mail.ru

Е.А. Лукина

ORCID: 0000-0002-3834-2386 e-mail: evair@yandex.ru

Ю.С. Федосенко

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

Волжский государственный университет водного транспорта

В экстремальных эксплуатационных условиях актуальности угрозы затопления и опрокидывания речного пассажирского водоизмещающего судна капитан должен иметь возможность в реальном времени отслеживать динамику показателей, характеризующих плавучесть и остойчивость судна. Перспективный способ получения и представления таких данных может быть реализован как система поддержки принятия командных решений по использованию штатных средств спасения (СППКР) в составе цифрового программно-аппаратного комплекса управления судном. Такая СППКР осуществляет непрерывный мониторинг характеристик посадки судна, расчет прогнозных значений параметров, характеризующих развитие потенциально аварийной ситуации, отображает в той или иной форме их на мониторе ходовой рубки для принятия капитаном судна командных решений, в том числе по эвакуационному протоколу для пассажиров и экипажа. Действующими нормативными документами не определен критерий покидания речного судна при угрозе рисков его скоротечного затопления и опрокидывания. В статье предлагается основываемый на использовании кривых интенсивности изменения характеристик остойчивости судна конструктивный вариант критерия оценки таких рисков в форме лингвистической переменной, принимающей значения незначительного, допустимого и недопустимого риска. Для функционирования СППКР разработано и экспериментально опробовано соответствующее модельно-алгоритмическое обеспечение.

Ключевые слова: оценка рисков, речное водоизмещающее судно, поддержка принятия решений, остойчивость судна, затопление

APPRAISAL OF THE LOSS RISKS OF A RIVER PASSENGER DISPLACEMENT VESSEL FOR A DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE EVENT OF A THREAT OF FLOODING

A.V. Valyaev, E.A. Lukina, Yu.S. Fedosenko

Volga State University of Water Transport

Purpose: The purpose of the work is to substantiate the criterion for assessing the risk of loss of a river displacement vessel for the SSTDM in the event of a threat of flooding and capsizing.

Design/methodology/approach: The evaluation criterion proposed in this paper is based on the use of curves of the intensity of changes in the stability characteristics of the vessel.

Findings: A constructive variant of the criterion for assessing the risks of shipwreck under the threat of its transient flooding and capsizing in the form of a linguistic variable taking the values of insignificant, permissible, and unacceptable risk is substantiated. The corresponding model-algorithmic software has been developed and tested for the functioning of the SSTDM.

Research limitations/implications: The results of the article serve as a starting point for research and development of integrated automation systems for river vessels.

Practical implications: Reducing the level of influence of the "human factor" on the processes of making command decisions by the captain of a river vessel in extreme operating conditions, including according to the evacuation protocol.

Originality/value: The proposed approach can be extended to other types of river vessels.

Keywords: risk assessment, river passenger vessel, decision support, ship stability, flooding

УДК 004.9 + 656.62

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА ПО КУРСУ В СТЕСНЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ УСЛОВИЯХ

Р.Э. Галеев

ORCID: 0000-0003-4059-7908 e-mail: r.galeev@volgafлот.com

Волжский государственный университет водного транспорта

Движение водоизмещающего судна по курсу в линейных районах и акваториях внутренних водных путей обычно осуществляется в стесненных навигационных условиях (СНУ). К ним относятся всевозможные участки с регулируемым движением и помехи. В силу наличия таких ограничений судоводитель должен уметь в сжатые промежутки времени, на коротких дистанциях принимать решения, обусловливаемые текущей эксплуатационной ситуацией. Ошибочное прогнозирование траектории движения судна с последующим принятием не вполне корректного решения может привести к нештатным ситуациям: посадка судна на мель, касание затопленных предметов, навал, столкновение с гидротехническими сооружениями. Один из возможных путей совершенствования управления движением судна в СНУ заключается в реализации технологии дополненной реальности (ДР) при отображении на мониторе ходового мостика в реальном масштабе времени прогнозной траектории движения судна вкуче с цифровым двойником видимой панорамы текущей судоходной обстановки. Статья посвящена обсуждению такого подхода, реализованного на основе теоретического исследования, последующей разработки модельно-алгоритмического обеспечения и его экспериментального апробирования.

Ключевые слова: дополненная реальность, водоизмещающее судно, управление движением, стесненные навигационные условия

EXPERIENCE IN THE IMPLEMENTATION OF AUGMENTED REALITY WHEN CONTROLLING THE MOVEMENT OF VESSEL ON A COURSE IN CRAMPED NAVIGATION CONDITIONS

R.E. Galeev

Volga State University of Water Transport

Purpose: The purpose of this article is to implement the AR (augmented reality) technology for displaying on the monitor of the navigation bridge in real time the dynamics of the forecast trajectory of the vessel.

Design/methodology/approach: One of the possible ways to improve the processes of controlling the movement of the vessel along the course in limited navigation conditions (LNC) is the implementation of digital technology AR. The article is devoted to the discussion of such an approach, practically implemented on the basis of system theoretical research, subsequent development of model-algorithmic support and its experimental testing.

Findings: A model-algorithmic software has been developed for a decision support system that provides the vessel master on a computer monitor in real time with the ability to evaluate the forecast trajectory as AR when controlling the movement of the vessel along the course, coupled with a dimensionally consistent display of a digital double of the panorama of the real navigation situation visible from the bridge of the vessel.

Research limitations/implications: The results of the article serve as a starting point for research in the field of AR in decision support systems when controlling a vessel in LNC.

Practical implications: Reducing the risks of the influence of the "human factor" in the context of current navigation hazards.

Originality/value: The decision support system based on the use of AR technology is really in demand, can be expanded within the framework of a unified system of navigation safety management services in linear areas and inland waterways based on appropriate cloud and satellite technologies. There are no such systems on the Russian IT market.

Keywords: augmented reality, displacement vessel, motion control, limited navigation conditions

**О ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕМ И ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЕЙ
КРУИЗНОГО ТЕПЛОХОДА****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@rivregnm.ru

Ю.С. Федосенко

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

Волжский государственный университет водного транспорта

Современные круизные теплоходы, эксплуатируемые на внутренних водных путях и в прибрежном плавании, являются одними из самых энерговооруженных автономных мобильных объектов водного транспорта. В состав бортовых электропотребителей таких объектов входят, в частности, судовые системы кондиционирования, подготовки дизельного топлива, водоснабжения, водоотведения и отопления, электроприводы подруливающих устройств. Состояние отмеченных электропотребителей в активной фазе потенциально зависит от расписания маршрута круиза, времени текущих суток, температуры в помещениях судна и за бортом, актуальных путевых условий, периода навигации и ряда других факторов. Темой доклада является разработка модельной технология ситуационного управления активными фазами компонентов бортовых электропотребляющих судовых подсистем, а также электрогенерирующим комплексом судна в целом, позволяющего существенно понизить влияние «человеческого фактора» на управление электропотреблением и электрогенерацией, сократить расход дизельного топлива и периоды износа оборудования генерирующего комплекса и, как следствие, существенно снизить эксплуатационные расходы на содержание теплохода и повысить уровень безопасности плавания.

Ключевые слова: круизный теплоход, управление, электропотребление, электрогенерация

**ABOUT THE TECHNOLOGY OF POWER CONSUMPTION AND POWER GENERATION
MANAGEMENT OF A CRUISE SHIP****S.W. Glushkov, A.V. Soloviev, Yu.S. Fedosenko**

Volga State University of Water Transport

Purpose: The purpose of this article is to develop a model technology for situational control of the activity of components of onboard power-consuming subsystems and the electric generating complex of a ship operated on inland waterways and in coastal navigation.

Design/methodology/approach: One of the possible ways to achieve this goal is to develop and then implement a model technology and algorithms for situational control of the activity of components of onboard power-consuming subsystems, as well as the electrical generating complex of the vessel as a whole.

Findings: A modular technology and algorithms for situational control of the activity of components of the ship's electric power system and the ship's electric generating complex as a whole have been developed on the basis of a scenario approach.

Research limitations/implications: The results of the article serve as a starting point for research and development in the field of intellectualization of control processes of power generating complexes of inland and river-sea navigation vessels, including on the basis of machine learning.

Practical implications: Reduction of fuel consumption, reduction of equipment wear and the level of influence of the "human factor" on the processes of controlling the activity of components of the onboard electric power system and the ship's electric generating complex, reduction of operating costs for the maintenance of the ship and increase the level of navigation safety.

Originality/value: Situational management technology based on a scenario approach is really in demand; its practical implementation can be expanded within the framework of a unified management system based on appropriate cloud functionality and satellite technologies.

Keywords: cruise ship, management, power consumption, electricity distribution

ОПТИМИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА СКВОЗНЫХ ГЕНЕРАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ РЕКОНСТРУКЦИИ РЕЧИ

В.А. Голубенко

ORCID: 0000-0002-4683-3249 e-mail: fullmoonshrine@gmail.com

Р.О. Баринов

ORCID: 0000-0002-0269-3205 e-mail: barinovr@list.ru

В.Е. Гай

ORCID: 0000-0002-3644-5234 e-mail: iamuser@inbox.ru

Г.Д. Кузнецов

ORCID: 0000-0001-5564-045X e-mail: gd.smith@yandex.ru

И.А. Новиков

ORCID: 0000-0001-6963-9628 e-mail: nov.ilucha@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача реконструкции речи на основе беззвучного сигнала в последнее время была решена с наилучшими результатами с применением сквозных генеративных моделей. Существенным недостатком использования данных моделей, однако, остаётся длительность и нестабильность их обучения, с одной стороны, как следствие самой природы состязательных моделей и неполной сходимости при использовании расстояния Вассерштайна, и с другой, как следствие сложных функций ошибки. В работе предложены алгоритмы обучения, позволяющие адресовать данные проблемы обучения - в частности, само-дистилляция знаний и метод обновления с разделением временных шкал обучения - а также проведено их сравнение. Результаты эксперимента показывают, что оба метода позволяют улучшить качество синтезируемого сигнала в примерно равной мере, однако применение отдельных временных шкал, вместе с тем, даёт шестикратный прирост в скорости обучения модели по сравнению с само-дистилляцией.

Ключевые слова: генеративные модели, нейронные сети, дистилляция знаний, алгоритмы обучения, обновление с разделением временных шкал.

OPTIMISING THE QUALITY OF END-TO-END GENERATIVE MODELS FOR THE TASK OF VISUAL SPEECH RECONSTRUCTION.

V.A. Golubenko, R.O. Barinov, V.E. Gai, G.D. Kuznetsov, I.A. Novikov

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

Purpose: This work is aimed at increasing the quality and training stability of state-of-art neural networks for the task of visual speech reconstruction based on the Wasserstein GAN architecture.

Design / methodology / approach: This paper proposes and compares a set of model training algorithms for generative adversarial networks with complex cost functions. Namely, the paper investigates the effects of self-distillation and two-time scale update rules on model convergence and general training speed. The experiment is conducted on an architecture based on the state-of-the-art model proposed by R. Mira, K. Vougioukas, P. Ma, S. Petridis, B. W. Schuller and M. Pantic.

Findings: The experiment shows that both methods allow the model to synthesise superior quality audio compared to the base training algorithm, however the two-time scale update rule provides a six-times increase in training speed compared to self-distillation while achieving roughly the same results.

Research limitations/implications: Research is limited to a specific subset of generative models and focuses on applicability to models with complex cost functions. Nevertheless, the results obtained from the research could be used to further develop and augment state-of-art models.

Originality/value: The value of the paper as a whole lies in verifying the applicability of training methods previously proposed as potential solutions to various shortcomings of generative models and demonstrated on relatively simple tasks to state-of-art architectures with demonstrably more complex cost functions. Additionally, the proposed training algorithm can lead to vastly reduced model training time.

Keywords: generative models, neural networks, knowledge distillation, learning algorithms, two time-scale update rule.

ИНФОРМАЦИОННО-СЕНСОРНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ИЕРАРХИЧЕСКИМИ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

М.А. Ивлев

ORCID: 0000-0001-8039-7543 e-mail: ivlev-ma@yandex.ru

Д.Е. Рябов

ORCID: 0009-0005-6238-880X e-mail: dmetrei.ryabov@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

С позиций общей теории управления проведен краткий анализ эффективности управления организационными системами (УОС) современного предприятия, имеющего проектно-технологический характер функционирования и сложную иерархическую структуру. На основе анализа определено одно из узких мест УОС – трудность получения и практического использования информации о текущей ситуации, ее динамике и возможной коррекции на стадиях жизненного цикла проектирования-производства продукта лицами, принимающими решения на различных уровнях управления – от руководителя конкретного проекта до руководителя предприятия. Это обстоятельство обуславливает запаздывание в принятии решений или к принятию слабо обоснованных решений. Для устранения этого недостатка УОС подсистему формирования результатной информации предлагается реализовать на основе информационно-сенсорного подхода, а именно, с учетом особенностей восприятия «больших данных» руководителями (в том числе с учетом их сенсорных возможностей) и характера их организационных уровней, а также с учетом особенностей объекта управления и его управляемых ресурсов. Цель – обеспечение руководителей актуальной результатной информацией, возможность принятия на её основе целенаправленных решений и, как следствие, повышение эффективности как УОС, так и бизнес-процессов всего предприятия в целом.

Ключевые слова: организационная система, многоуровневое управление, человеческий фактор, восприятие информации человеком, принятие решений.

INFORMATION-SENSORY APPROACH TO THE MANAGEMENT OF HIERARCHICAL ORGANIZATIONAL SYSTEMS

M. A. Ivlev, D. E. Ryabov

Nizhny Novgorod state technical university. RE Alekseev

Purpose: give a brief analysis of the effectiveness of the management of organizational systems (MOS) of a modern enterprise, on the basis of which to determine their bottleneck - the difficulty of obtaining and practical use of resultant information about the current situation, its dynamics and possible correction at the stages of the product design-production life cycle.

Design/methodology/approach: formation of resultant information based on the information-sensory approach, namely, taking into account the peculiarities of the perception of "big data" by managers (including their sensory capabilities) and the nature of their organizational levels, as well as taking into account the characteristics of the management object and its managed resources.

Findings: one of the main directions in the development of MOS is the implementation of the information-sensory principle of their construction, which ensures the formation of the resultant information necessary for hierarchical levels of management.

Research limitations/implications: the implementation of the information-sensory approach should not only adapt the content and form of the information resource to the cognitive characteristics of enterprise managers, but also increase the efficiency and integrity of information transfer between levels of hierarchical organizational systems.

Originality/value: the goal is to provide managers with up-to-date resultant information that ensures the formalization of management, the adoption of targeted decisions and, as a resultant, an increase in the efficiency of both the management system and the entire enterprise as a whole.

Key words: organizational system, multilevel management, human factor, human perception of information, decision making.

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СЕТЕВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Г.Д. Кузнецов

ORCID: 0000-0001-5564-045X e-mail: gd.smith@yandex.ru

В.Е. Гай

ORCID: 0000-0002-3644-5234 e-mail: iamuser@inbox.ru

Р.О. Баринов

ORCID: 0000-0002-0269-3205 e-mail: barinovr@list.ru

В.А. Голубенко

ORCID: 0000-0002-4683-3249 e-mail: fullmoonshrine@gmail.com

И.А. Новиков

ORCID: 0000-0001-6963-9628 e-mail: nov.ilucha@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Идентификации приложений на основе сетевого трафика при помощи глубокого анализа пакетов влечет за собой проблему, связанную с нарушением конфиденциальности пользовательских данных и декодированием содержимого сетевых дампов данных. В работе включены задачи идентификации приложения на основе сетевых данных с помощью популярных методов классификации. В работе предлагается модель и алгоритмы сбора информации и формирования признакового описания сетевого трафика, с помощью которого выполняется идентификация сетевых приложения с целью повышения точности классификации приложений проявляющих сетевую активность. Предлагается классифицировать сетевые приложения на основе статистических методов, с целью уменьшения затрат вычислительных ресурсов. Также проведен вычислительный эксперимент, результаты которого показали, что качество системы классификации сетевых приложений сопоставимы с показателями ее аналогов. Дополнительно описаны дальнейшие перспективы развития алгоритмов с целью усовершенствования детектирования приложений.

Ключевые слова: Идентификация, сетевой дамп, сетевой трафик, декодирование, классификация.

MODEL OF AUTOMATIC CLASSIFICATION OF NETWORK APPLICATIONS

G.D. Kuznetsov, V.E. Gai, R.O. Barinov, V.A. Golubenko, I.A. Novikov

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

Purpose: This work is aimed at exploring the possibilities of identifying applications based on network traffic using various analysis methods, as well as developing models and methods for accurately describing characteristics using a high degree of application identification in order to maximize detection.

Design / methodology / approach: The work is devoted to the discovery of applications based on network data using various discovery methods. The paper presents a model and algorithms for collecting information about identifying signs of data collection, with the help of which high identification of applications is associated with the consideration of the problem of identifying applications of network activity. A number of features are proposed that highlight the behavior of programs and their network sessions, including: unique application name (used to identify the application object), TCP and UDP transport protocol, source and destination port, remote host name and its IP address, country of the remote host, current time and time zone of the remote host, data packet size.

Findings: This article includes the tasks of identifying an application based on network data using popular classification methods, and also proposes a model and algorithms for collecting information and generating a feature description of network traffic, which is used to identify network applications in order to improve the accuracy of application identification based on network analysis packages.

Research limitations/implications: Research is limited to the model and algorithms. Nevertheless, the results obtained can be used in the future in systems for identifying network applications.

Originality/value: The value of the entire article is the proposed model and algorithms for collecting information and generating a feature description of network traffic, which is used to identify network applications in order to improve the accuracy of classifying applications that show network activity.

Key words: Identification, network dump, network traffic, decoding, classification.

УДК 681.518.2

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ СОСТОЯНИЙ
ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
НА ОСНОВЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

С.А. Манцеров

ORCID: 0000-0001-8458-8259 e-mail: mca_9@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В работе предложены прогностические модели вычислений, включающие авторегрессионные и ансамблевые модели машинного обучения, позволяющие осуществлять прогноз проблемных состояний технических и технологических объектов для управления качеством их состояний. Исследование осуществлено на практических объектах. Проведён количественный и качественный анализ предложенных прогностических моделей вычислений с целью определения их достоинств и недостатков. Решение поставленных задач основано на применении теории системного анализа, обработки и систематизации информации, теориях нечётких множества и нейронных сетей.

Ключевые слова: интеллектуальное управление, технические и технологические объекты, прогностические модели вычислений, техническое состояние, проблемное состояние.

**INTELLIGENT FORECASTING OF PROBLEM STATES OF TECHNICAL AND
TECHNOLOGICAL OBJECTS BASED ON PREDICTIVE COMPUTING MODELS**

S.A. Mantserov

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

Purpose: Creation of predictive models of calculations and technologies for intelligent quality management of the states of complex technical objects and technological processes.

Design / methodology / approach: The paper proposes predictive models of computing, including autoregressive and ensemble models of machine learning, which make it possible to predict the problem states of technical and technological objects for intelligent quality management.

Findings: A system of predictive computing models, including autoregressive and ensemble machine learning models, adapted to solve the problems of ensuring the controllability and fault tolerance of the states of complex technical objects and technological processes.

Research limitations/implications: The research is limited to the consideration of a number of predictive computing models, including autoregressive and ensemble machine learning models, which is determined by the purpose of the work and the objects under consideration. In the future, other calculation models can be used to provide a forecast of the problematic states of technical and technological objects.

Originality/value: in contrast to the well-known approaches to quality management of the states of technical and technological objects, which, as a rule, are not focused on the problem of accelerating calculations, the proposed generalized scheme of intelligent quality management of the states of technical and technological objects is based on predictive models of computing and technologies.

Key words: intelligent control, technical and technological objects, predictive models of computing, technical condition, problem state.

АВТОМАТНЫЕ МОДЕЛИ ОБРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Д.С. Мартынов

ORCID: 0009-0002-9562-2269 email: martynov-dmitriy@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача обработки данных мониторинга системы во временной плоскости сводится к задаче анализа последовательности качественных состояний. Это позволяет перейти от задачи анализа непрерывных по времени процессов к задаче анализа динамики на дискретно-событийной модели. В рамках такого подхода формируются размытое множество состояний системы и связей между ними. Это множество используется для построения базы знаний и правил логического вывода. В рамках решения задачи построена онтологическая модель, использующая набор связанных между собой диагностических автоматов, позволяющих решать задачи прогнозирования динамики состояний системы и выявления скрытых причин в предыстории. Иерархическая автоматная модель соответствует многоагентной системе, применяемой в задачах ситуационного управления, но обладает более высокой гибкостью и адаптацией к изменяющимся условиям функционирования диагностируемого объекта. В статье показана общность подходов построения иерархических диагностических автоматов для сложных динамических систем.

Ключевые слова: диагностический автомат, онтология, база знаний, системы логического вывода.

Purpose: The article deals with the problem of building a hierarchical diagnostic model. The diagnostic system is built as a system of interacting automata. The generality of approaches to constructing diagnostic automata for diagnostic systems of different nature is shown

Design/methodology/approach: A discrete-event model of processes interacting within the system under study is used. An ontology and an inference system are built on the basis of a discrete-event model.

Findings: The proposed discrete-event model of the process occurring in the system is used to build a knowledge base and an inference system. The process running in the system is represented as a set of interacting subprocesses. For each subprocess, a special diagnostic machine is built. The general diagnostic machine is built as a hierarchy of special diagnostic machines. The software implementation of the hierarchical diagnostic machine is a multi-agent system. The adaptation of a hierarchical diagnostic automaton is reduced to the adaptation of individual specialized automata.

Research limitations/implications: This article is the starting point for further designing a hierarchical diagnostic automaton and building a decision support system on its basis.

Originality/value: The use of ontologies and inference systems greatly simplifies the work of a person, reduces the likelihood of making an erroneous decision. Knowledge-based systems use a common interface to export and import information. Formalization of knowledge makes it possible to develop a common format for building specialized open information systems.

Keywords: diagnostic machine, ontology, knowledge base, inference systems.

**СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА И
УПРАВЛЕНИЯ****Д.С. Мартынов**

ORCID: 0009-0002-9562-2269 email: martynov-dmitriy@yandex.ru

И.Э. Шапкина

ORCID ID: 0009-0007-1279-2198 email: irinashapkina.03@inbox.ru

А.А. Комарова

ORCID ID: 0009-0004-9117-6032 email: aa.komarova27@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Процесс автоматизированного управления доставкой грузов – это сложная задача с большим количеством параметров и высокой степенью неопределенности, обусловленной изменяющимися дорожными условиями. Использование алгоритмов, основанных на искусственных нейронных сетях, позволяет минимизировать временные издержки в доставке грузов, выбрать лучшие средства и маршруты доставки сборных грузов. Узким местом логистических систем является сама транспортная сеть, используемая для доставки грузов различными транспортными компаниями и частными грузоперевозчиками. Сбор и анализ данных о загрузке транспортной сети ведётся крупными региональными операторами и передается в информационные сети публичного доступа. В статье рассматриваются подходы к построению системы поддержки принятия решения, предназначенной для мониторинга и управления процессами доставки грузов в рамках территориальной транспортной компании. Выполнен анализ задач обеспечения целостности данных, защиты данных от несанкционированного доступа на основе технологии распределенного реестра. Представлен набор алгоритмов, предназначенных для решения транспортных задач в условиях неопределенности.

Ключевые слова: распределенные системы, распределенный реестр, системы поддержки принятия решения, когнитивные технологии.

DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR MONITORING AND CONTROL**D.S. Martynov, I.E. Shapkin, A.A. Komarova**

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

Purpose: The article discusses the requirements for a distributed system for managing transportation in the face of uncertain traffic information. A method for coordinating the work of ground transport with delivery systems using unmanned aerial vehicles is proposed.

Design/methodology/approach: A discrete-event model of the digital twin of a transport system using ground and air transport is proposed. Methods for ensuring the integrity of data and protection of transmitted information are considered. Models of distributed multiservice systems for combined cargo delivery are presented.

Findings: The proposed discrete-event model allows you to control and manage a complex transport network and the process of cargo transportation. The use of distributed registry technology provides a solution to the problem of data protection when using open and public information systems. Distributed multiservice information systems provide operational management of the process of cargo delivery in conditions of uncertain information about the state of the transport network.

Research limitations/implications: This article is a starting point for further design of a decision support system in the field of transport logistics.

Originality/value: The development of the transport infrastructure of the Russian Federation requires the creation of an open information platform that allows coordinating the work of independent carriers. The proposed model of interaction between ground and air transport will solve the problem of cargo delivery in conditions of a poorly developed road network and in off-road conditions, including in the mountains. The introduction of a distributed registry system in a distributed logistics system will reduce the risk of attacks on the network infrastructure of a transport company.

Keywords: distributed systems, distributed registry, decision support systems, cognitive technologies

АВТОМАТНЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ БИОНИЧЕСКИМ ПРОТЕЗОМ

Д.С. Мартынов

ORCID: 0009-0002-9562-2269 e-mail: martynov-dmitriy@yandex.ru

Т.А. Дудкин

OCRID ID: 0009-0000-1299-2770 e-mail: timdudukin@gmail.com

Д.С. Голицин

OCRID ID: 0009-0000-7194-6782 e-mail: xdgolits@gmail.com

М.Д. Яшнов

OCRID ID: 0009-0009-3951-0511 email: boriskrendebobber@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современный «умный» бионический протез – это сложный программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий взаимодействие человека, имеющего некоторое физическое увечье, с окружающей средой. Такое взаимодействие реализуется в модели управления с обратной связью. Действующая в Российской Федерации законодательная база запрещает вживление датчиков непосредственно в тело человека. Это ограничение обуславливает использование различных неинвазивных интерфейсов, позволяющих считывать биоэлектрические сигналы, соответствующие сигналам в нервной системе человека, называемых двигательным паттернам. Одной из функций таких интерфейсов является реализация обратной связи, соответствующей модели ощущения человеком процесса взаимодействия с окружающей средой. Часть функций такого ощущения от взаимодействия реализует сама система управления бионическим процессом, что обеспечивает общее повышение надежности и быстродействия работы устройства.

В работе рассмотрена автоматная модель управления «умным» бионическим протезом. Приведена структурная схема устройства, реализующего данную автоматную модель. Представлена пошаговая схема адаптивного управления узлами умного бионического протеза. Предложен подход к использованию двигательного паттерна в качестве шаблона для синтеза команд для элементов и узлов бионического протеза.

Ключевые слова: мультисервисные системы, микросервисы, конечный автомат, автоматные модели управления, дискретно-событийная модель, интегрированные системы.

AUTOMATIC MODELS OF BIONIC PROSTHESIS CONTROL

D.S. Martynov, T.A. Dudkin, M.D. Yashnov

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

Purpose: The paper considers an automaton control model for a "smart" bionic prosthesis. A step-by-step scheme of adaptive control of the nodes of a smart bionic prosthesis is presented.

Design/methodology/approach: An adaptive model for controlling the nodes of a bionic process based on an automatic control model is proposed. A step-by-step process of controlling the nodes of a bionic prosthesis and the corresponding model of the final atom are considered.

Findings: A block diagram of a device for adaptive control of the nodes of a bionic process using an atom model is proposed. A discrete-event model of the adaptive process of command execution has been compiled. Decomposition of basic motional patterns is performed. Non-invasive interfaces of interaction between a person and a prosthesis control system are considered.

Research limitations/implications: This article is the starting point for further research on the problem of synthesizing an adaptive automaton control model for a smart bionic process.

Originality/value: A bionic prosthesis control system based on the proposed automaton model will allow people to conveniently interact with the environment. The use of a discrete-event model corresponding to a motor pattern makes it possible to use an automaton model to control prosthetic arms and legs. Smart bionic prostheses with a feedback interface will allow people who have lost their limbs to return to a full life.

Keywords: multiservice systems, microservices, finite state machine, automatic control models, discrete event model, integrated systems.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ И ИНСТРУМЕНТАРИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТИПОВОГО СЦЕНАРИЯ РАБОТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ**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 данной статье предлагается в качестве альтернативы классического подхода использовать понятие жизненного цикла сценария работы АС. Сценарий работы автоматизированной системы это последовательность событий, охваченных причинно-следственными связями. Он визуализируется, как правило, моделями в форме графа. Событиям соответствуют вершины графа. Причинно-следственным связям соответствуют ребра.

Сценарий работы автоматизированной системы является моделью, абстракцией. Таким образом, поддержка сценария в течение его жизненного цикла качественно отличается от поддержки элементов программно-аппаратного комплекса, в котором поддерживаются реальные подсистемы программно-аппаратного комплекса. Рассмотрение в качестве каузального фактора успеха работы автоматизированной системы абстрактного объекта – сценария решения программно-аппаратным комплексом типовой задачи в предметной области позволило рассматривать жизненный цикл АС с позиций, которые отливаются от классического подхода поддержки элементов программно-аппаратного комплекса. Особое внимание уделяется инструментариям конструирования сценария. Описываются инструментарии поддержки процесса конструирования сценария из элементов порождающего сценарии множества событий, подход к выбору события из множества альтернатив. Рассматриваются инструментарии контроля корректности информационного обмена между событиями сценария: концептуальная модель ядра информационного обеспечения контроля по данным и алгоритм. Изложение иллюстрируется примером.

Ключевые слова: проектирование, сценарий, поддержка жизненного цикла, контроль корректности обмена данными.

LIFE CYCLE AND TOOLS FOR DESIGNING AND IMPLEMENTING A TYPICAL SCENARIO IN AN AUTOMATED SYSTEM**V.P. Khranilov, P.V. Misevich, E.N. Pankratova, P.S. Kulyasov**

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

The paper proposes using concept the life cycle concept for the operation scenario in an automated system. The proposed method is alternative to the classical approach. The scenario of an automated system operation is a set of events and cause-and-effect relationships among the elements. The scenario is represented, as a rule, by the models of a graph or adjacency and incidence matrices. The set of events maps in the set of vertices of the graph. The set of relations maps in the set of the graph edges.

Note that the scenario of the automated system is a model, an abstraction. Thus, the support of the operation script during its life cycle is qualitatively different from the support of the hardware elements or software modules in an automated system.

The article addresses the life cycle concept in relation to the scenario of the operation of an automated system in a subject area. It is shown that the support of scenario is a causal factor of the success of using an automated system in its subject. This approach differs from the classical one because the traditional concept of the life cycle is applied to software and hardware complexes. The article focuses on the scenario design tools. The tools are used for supporting the process of developing a scenario from the elements of the set of events. An approach to choosing an event from a set of alternatives is also described. An example of the application of this algorithm is considered in this paper.

Keywords: design, scenario, life cycle support, data exchange correctness control.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ВЫБОРА МОБИЛЬНОГО ГАДЖЕТА ПО ТЕХНИЧЕСКИМ И ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

С.В. Пономаренко

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

В.П. Хранилов

ORCID: 0000-0003-1317-5320 e-mail: hranilov@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Доклад посвящен разработке модели выбора для мобильного гаджета. Исходными данными для исследования стали технические параметры различных моделей мобильных гаджетов, характеристики, рейтинги устройств, а также систематизированные и формализованные потребительские запросы разных групп потребителей. С использованием различных методов многокритериального выбора определяются расчётные формулы, нормировки параметров, построены сводные сравнительные таблицы, диаграммы и расчетные модели. Полученные графики позволяют прогнозировать значения критических параметров гаджетов в перспективе, а также наблюдать степень соответствия технических характеристик мобильных устройств с запросами потребителей.

Ключевые слова: модель многокритериального выбора, потребительские параметры, технические характеристики, векторная модель, нормирующая функция, весовые коэффициенты, ценовые параметры, функция прогноза, гаджет, смартфон.

IDENTIFICATION OF MOBILE GADGET SELECTION MODEL BY TECHNICAL AND CONSUMER CHARACTERISTICS

S.V. Ponomarenko, V.P. Khranilov

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

The report is devoted to the development of a choice model for a mobile gadget. The initial data for the study were the technical parameters of various models of mobile gadgets, characteristics, ratings of devices, as well as systematized and formalized consumer requests from different consumer groups. Using various methods of multi-criteria selection, calculation formulas, parameter normalizations are determined, summary comparative tables, diagrams and calculation models are built. The resulting graphs allow predicting the values of critical parameters of gadgets in the future, as well as observing the degree of compliance of the technical characteristics of mobile devices with consumer requests.

Keywords: multicriteria choice model, consumer parameters, technical characteristics, vector model, normalizing function, weight coefficients, price parameters, forecast function, gadget, smartphone.

**ДИНАМИКА ОПРЕДЕЛЕНИЙ НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ
(НА МАТЕРИАЛЕ ТЕРМИНОВ ФИЛОСОФИИ)**

А.В. Синелева

ORCID: 0000-0001-9926-9760 e-mail: sinstasi@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В статье представлен опыт использования фреймового представления информации при анализе содержания словарных статей в терминологических словарях с целью выявления динамики понятий. Фреймовый метод, положенный в основу разработки искусственного языка, является достаточно эффективным при решении задач логико-семантического моделирования естественного языка. В рамках задач данного исследования он позволяет представить содержание научных понятий в формализованном виде для анализа смыслового наполнения терминов в диахроническом аспекте.

Ключевые слова: диахронический процесс, логико-смысловые аспекты, содержание понятия, существенный признак, термин, фрейм.

**DYNAMICS OF DEFINITIONS OF SCIENTIFIC CONCEPTS
(BASED ON THE TERMS OF PHILOSOPHY)**

A.V. Sineleva

ORCID: 0000-0001-9926-9760 e-mail: sinstasi@mail.ru

Nizhniy Novgorod state university n. a. N.I. Lobachevsky

Purpose: This article proposes a method for analyzing the content of concepts – terms of philosophy - in a diachronic aspect based on a frame model of information representation.

Design/methodology/approach: The analysis of the content of terminological concepts according to the categorical feature contained in the definition allowed us to identify categories (subsets) of terms. In order to identify and study the dynamics of the process of forming concepts of logic, the content of dictionary entries of terminological dictionaries of different times of publication was analyzed. In the process of analyzing the meaningful meaning of terms recorded in terminological dictionaries, a frame method of data interpretation was used, an artificial formalized language was created. Logical and semantic aspects representing information conditionally divided into two parts: synchronic and diachronic, represent essential features of concepts, are reflected in dictionary entries of different times.

Conclusions: The conducted research allowed us to conclude that the content of dictionary entries changes over time, scientific concepts are replenished with new essential and non-essential features, while the concept of an essential feature is also relative, because it depends on the progress of the cognition process.

Originality/value: A formalized language has been developed that allows to represent the content of dictionary entries of terminological dictionaries. Frames representing the conceptual content of individual terms not only highlight the essential features of concepts, but also reflect the order of semantic aspects recorded in dictionary entries.

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГРАФОВЫХ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ СБОРКИ
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМ****Н.М. Цветков**

ORCID: 0000-0002-9739-8742 e-mail: nmcvetkov@yandex.ru

П.С. Кулясов

ORCID: 0000-0001-7793-2891 e-mail: p.kulyasov@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Многокомпонентные системы (МКС) представляют собой сложные многоуровневые структуры. Хранение информации о компонентном составе МКС в виде таблиц классических (реляционных) баз данных характеризуется высокой трудоемкостью работы с этими данными. Таким образом, можно сделать вывод о том, что отсутствует удобный инструментарий для хранения и обработки информации о компонентном составе МКС. Авторами предлагается технология сборки многокомпонентных систем, основанная на выделении из их состава структурных единиц, которые в дальнейшем могут быть использованы для сборки новых либо реконфигурирования существующих МКС, представлении их в виде графовых структур и формировании из них графовой базы данных, применяемой для их хранения и обработки. Данные структурные единицы будут включать в себя центральный компонент, в качестве которого выступает элемент МКС, и сопряженные с ним по соответствующим интерфейсам компоненты, отражающие требуемые кадровые и материальные (либо материально-технические) ресурсы.

Ключевые слова: компонентный подход, многокомпонентная система, графовая база данных.

**APPLICATION OF GRAPH DATABASE TECHNOLOGY FOR MULTICOMPONENT
SYSTEMS ASSEMBLING****N.M. Tsvetkov, P.S. Kulyasov**

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

Purpose: This article proposes a technology for assembling multicomponent systems (MCS) based on the selection of structural units from their composition, which can later be used to assemble new or reconfigure existing MCS, present them in the form of graph structures and forming a graph database which can be used for processing and storing them.

Design / methodology / approach: An approach is proposed based on the transition from a component representation of the MCS to a representation in the form of graph structures of a certain type (structural units in the form of triples of components conjugated by corresponding interfaces – an element of the MCS and the required personnel and logistical resources, representing complete autonomous objects that can be used to build new MCS), for storage and processing of data about which graph databases can be used.

Findings: The technology of assembling multicomponent systems is proposed, based on the representation of the MCS structural units in the form of graph structures and the formation of a graph database from them, which allows to reduce the cost of resources for storing and processing (including the search for the required structural units when assembling the MCS) of data on the MCS component composition, as well as simplify work with them from the point of view of perception (due to the clarity of the presentation).

Research limitations/implications: As possible areas of application of the proposed approach, multicomponent systems can act, which include components describing personnel and logistical resources, for example, e-learning systems or information and logistics systems.

Originality/value: The originality of the article lies in the proposed approach based on the use of graph databases for storing and processing information about the component composition of the ISS. The technology proposed by the authors can be used in a number of organizations, such as, for example, educational organizations that form network educational programs.

Keywords: component approach, multicomponent system, graph database.

**МОДИФИКАЦИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА КВАНТОВАНИЯ
ИЗОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМА ВСТРАИВАЕМОГО СООБЩЕНИЯ**

А.Д.Белов

ORCID: 0000-0003-3845-2320 e-mail: anton98belov@mail.ru

В.Ю.Карпычев

ORCID: 0000-0001-8527-2600 e-mail: kavlyr@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе предложен алгоритм модификации стеганографического метода квантования изображения, основанный на методе сжатия CCITT Group 3, который также может применяться к ряду стеганографических методов, меняющих байты пикселей изображения. Предложенный алгоритм позволяет увеличить максимальный размер встраиваемого сообщения

Ключевые слова: стеганография, сжатие, CCITT Group 3, квантование изображения

**MODIFICATION OF THE STEGANOGRAPHIC IMAGE QUANTIZATION METHOD TO
INCREASE THE VOLUME OF THE HIDDEN MESSAGE**

A.D.Belov, V.Y. Karpychev

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

Purpose: The author proposes an algorithm for modifying image quantization to increase the volume of the hidden message

Design/methodology/approach: To achieve the goal, author suggests using the methods of the CCITT Group 3 message compression algorithm. The modified algorithm assumes several iterations of message compression by the chosen method to find the most optimal number of compressions

Findings: A new algorithm of image quantization modification is proposed to increase the volume of the hidden message. The developed algorithm can also be applied to a number of steganographic methods that change the bytes of image pixels.

Research limitations/implications: This algorithm is most effectively used when hiding messages consisting of substrings with approximately equal length after one or more compression iterations. In the future, the proposed algorithm can be modified to hide messages consisting of substrings those have different lengths after a large number of compression iterations.

Originality/value: This method, based on the proposed architecture, can be applied in spheres where it is necessary to secretly transmit or store large messages in the smallest container file, for example, in subscribers' communications.

Keywords: steganography, compression, CCITT Group 3, image quantization

ОЦЕНКА УРОВНЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В.В. Бузоверя¹

ORCID: 0009-0002-5264-5196 e-mail: vasily.buzoverya@yandex.ru

В.П. Хранилов¹

ORCID: 0000-0003-1317-5320 e-mail: hranilov@nntu.ru

О.М. Кировский²

ORCID: 0009-0004-0785-0662 e-mail: oleg.kirovskii@gmail.com

А.С. Королёв²

ORCID: 0000-0001-8305-6066 e-mail: korolev@mirea.ru

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

²МИРЭА – Российский технологический университет

При разработке кибер-физических систем приходится учитывать требования как информационной, так и функциональной безопасности. Эти два аспекта инженерии безопасности рассматривают опасности разного происхождения, но применяемые при этом меры защиты часто совпадают. Несмотря на это, в настоящее время отсутствует устоявшаяся методология разработки систем, которая позволяла бы учитывать оба этих аспекта одновременно, используя их общие черты, что затрудняет следование лучшим практикам построения безопасных систем. В данной работе делается попытка рассмотреть эту проблему и определить возможные направления поиска её решения. В докладе предложен метод оценки доказательств безопасности и защищенности системы при помощи вероятностных моделей. Данный метод позволяет объединить преимущества «традиционных» доказательств безопасности, основанных на стандартах и создаваемых на этапе разработки системы, с возможностью учесть данные о безопасности и инцидентах в период эксплуатации.

Ключевые слова: кибер-физические системы, функциональная безопасность, информационная безопасность, проектирование систем, декомпозиция систем, разделение программного обеспечения.

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF INFORMATION SECURITY OF CYBER-PHYSICAL SYSTEMS

V.V. Buzoverya¹, V.P. Khranilov¹, O.M. Kirovskii², A.S. Korolev²

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

²MIREA – Russian Technological University, Moscow

When developing cyber-physical systems, it is necessary to take into account the requirements of both information and functional security. These two aspects of safety engineering consider hazards of different origins, but the protective measures applied are often the same. Despite this, there is currently no well-established system development methodology that would allow taking into account both of these aspects at the same time, using their common features, which makes it difficult to follow the best practices for building secure systems. This paper The report proposed to consider this problem and identify possible directions for finding its solution. This report presents a method for assessment of safety and security of information system via probabilistic modelling. The method enables the analyst to gain most from both worlds: “traditional” safety and security cases created during system development as well as observations of system behaviour during its operation.

Keywords: cyber-physical systems, functional safety, information security, system design, system decomposition, software partitioning

И.В. Гусев

ORCID: 0000-0003-3092-6931 e-mail: goshan199815@yandex.ru

Ю.С. Федосенко

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

Волжский государственный университет водного транспорта

В рамках математической модели биназначений, обобщающей классическую постановку распределения дискретных ресурсов между исполнителями, рассматривается оптимизационная задача с минимаксным критерием. Модель адекватно описывает особенности управления воднотранспортным и экскурсионным обслуживанием населения в границах территорий городских и региональных агломераций, а также формализует нередко встречающиеся в производственно-транспортной логистике схемы распределения ресурсов. В силу свойства труднорешаемости оптимизационной задачи и неприемлемо большого временного ресурса, требующегося для синтеза оптимальных биназначений даже при относительно небольших размерностях модели, а также существенной её практической значимости для реализации в предметно ориентированных системах поддержки принятия решений, в статье конструируются алгоритмы приближенного синтеза оптимизационной задачи, основанные на метаэвристических концепциях. Приводятся примеры синтеза биназначений и результаты массовых вычислительных экспериментов, выполненные для получения усредненных оценок временных затрат, требуемых для отработки метаэвристических алгоритмов синтеза субоптимальных биназначений.

Ключевые слова: биназначение, логистика, исследование операций, метаэвристики

METAHEURISTIC ALGORITHMS FOR SYNTHESIS OF BI-ASSIGNMENT

I.V. Gusev, Yu.S. Fedosenko

Volga State University of Water Transport

Purpose: The purpose of this article is to develop algorithms for the synthesis of binary assignments within the framework of a generalization of the classical formulation of the distribution of discrete resources between executors of an optimization problem with a minimax criterion.

Design/methodology/approach: The development of decision algorithms based on metaheuristic concepts. Their temporal characteristics are estimated based on the results of mass computational experiments.

Findings: A family of algorithms for the synthesis of suboptimal binarizations based on the metaheuristic concepts of the ant colony, the genetic paradigm, and taboo search has been developed. For all the listed algorithms, estimates of the time of their development for practically significant values of the model dimensions are obtained.

Research limitations/implications: The results of the article will make it possible to develop the metaheuristic implementation schemes developed in it for modified models in relation to the specific specifics of applied problems, including those requiring a multi-criteria statement.

Practical implications: Reducing costs when using resources through their more efficient distribution, including, for example, unproductive downtime of equipment, as well as reducing the level of influence of the "human factor" on the processes of distribution and management of the use of resources.

Originality/value: Algorithms for synthesizing binary assignments for practically significant dimensions of the generalized problem of distributing discrete resources are in demand; their implementation in decision support systems can be expanded within the framework of management systems for transport and excursion services for the population for island agglomerations, including based on appropriate cloud functionality and telecommunication technologies.

Keywords: bi-assignment, logistics, operational management, metaheuristics

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ
ЗАЩИЩЕННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА**

М.А. Дубкова

ORCID: 0000-0003-3502-817X e-mail: du.mari1999@gmail.com

О.П. Тимофеева

ORCID: 0000-0002-1935-7697 e-mail: optimofeeva@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В статье представлены процесс и результаты разработки системы защищенного документооборота, реализованной с помощью low-code платформы Eftech.Factory. Система включает в себя несколько модулей, реализующих алгоритмы шифрования информации. Разработанную систему можно использовать для автоматизации процесса передачи информации между пользователями, являющимися представителями различных организаций. Система включает в себя работу с пользователями, организациями и передачу зашифрованных данных между ними. Для безопасной передачи данных между пользователями был выбран алгоритм шифрования DES, а для обмена ключами – RSA. Архитектура системы позволит внедрять новые алгоритмы, локально выполнять обновления, а также использовать систему для неограниченного числа пользователей и организаций. Аналогов данной системы не было обнаружено в открытом доступе, что делает актуальным ее разработку.

Ключевые слова: криптография, безопасный документооборот, криптосистема, шифрование, открытый ключ, закрытый ключ, защита информации

**DEVELOPMENT OF AN APPLICATION
FOR ENCRYPTING INFORMATION**

D.M. Dubkova, O.P. Timofeeva

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

Purpose: To design and implement a secure document management system that allows the safe exchange of information.

Design / Methodology / Approach: As part of the work the analysis was carried out and the choice of means for creating an information encryption system was justified. Implementations of the system in JavaScript using the low-code platform Eftech.Factory. The system includes working with users, organizations and transferring encrypted data between them. DES encryption algorithm was chosen for secure data transfer between users, and RSA was chosen for key exchange. The architecture of the system will allow implementing new algorithms, locally performing updates, as well as using the system for an unlimited number of users and organizations.

Findings: The article presents the results of the system, which represent registered users who can exchange encrypted files.

Research limitations/implications: The system is limited by a set of methods for encrypting information, but the architecture of the system allows you to implement new algorithms seamlessly.

Originality/Value: Currently, there are a small number of file encryption systems that ensure the transfer of encrypted files between users, but they are not publicly available. The developed information system will allow you to securely exchange the necessary information between users registered in the system, as well as simply encrypt and decrypt user files.

Keywords: cryptography, secure document management, cryptosystem, encryption, public key, private key, information security.

СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ВИДЕОПОТОКА CSI КАМЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
SOC ZYNQ 7000 (Xilinx).

О.Н. Корелин

ORCID 0000-0002-5928-6045 e-mail: o_korelin@mail.ru

В.В. Капля

ORCID [0009-0000-0029-4211](#) e-mail: slavakaplya20011501@gmail.com

Д.А. Кобляков

ORCID 0000-0002-7980-5801 e-mail: d.koblyakov@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Всевозможные системы обработки видеопотока имеют большие временные задержки, связанные со сложными алгоритмами сжатия. При этом имеет большое значение тип используемой камеры и быстродействие процессора. Предлагаемая система использует в своём составе одну из быстродействующих камер со специализированным последовательным интерфейсом CSI MIPI (Camera Serial Interface) и SoC Zynq 7010 содержащий программируемую логику FPGA и ARM процессор. Средства программирования и отладки Zynq7010 позволяют интегрировать блок работы с камерой в FPGA, что значительно ускоряет процесс получения видеопотока для последующей обработки и анализа уже в микропроцессорной части. Процессор работает под управлением ОС Linux, при этом представляются большие возможности для использования различных библиотек, включая интеллектуальные алгоритмы с нейронными сетями.

Ключевые слова: обработка видеопотока, алгоритмы отображения и сжатия видеопотока, камера CSI, Zynq7000.

VIDEO STREAM PROCESSING SYSTEM CSI CAMERA USING SOC ZYNQ 7000 (Xilinx).

O.N. Korelin, V.V. Kaplya, D.A. Koblyakov

Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev

Purpose: The main goal of this work is to increase the speed of video stream processing based on the use of programmable logic. Using the OS Linux allows you to actively use various libraries of mathematical processing, including image alignment.

Design/methodology/approach: The use of a single chip SoC Zynq 7010 and the use of fast internal interfaces significantly speed up the conversion and calculation process.

Findings: The use of a single chip SoC and increased processing speed reduces display latency.

Research limitations/implications: This article is the beginning of the study of video stream processing jointly in programmable logic and in the processor part.

Originality/value: The proposed approach could be used on all systems designed for fast video stream processing. It helps to select devices for the system being created. It can also be used for methodological purposes.

Keywords: video stream processing, video stream display and compression algorithms, camera CSI, Zynq7000.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ДАННЫХ
НА ОДНОПЛАТНОМ КОМПЬЮТЕРЕ.

О.Н. Корелин,

ORCID 0000-0002-5928-6045 e-mail: o_korelin@mail.ru

А.Д. Купцов,

ORCID 0009-0002-6531-0694 e-mail: reowlin@gmail.com

Д.А. Кобляков

ORCID 0000-0002-7980-5801 e-mail: d.koblyakov@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Системы автоматизации широко используются в отраслях робототехники, машиностроения, медицины, безопасности и многих других. Без эффективного и быстрого сбора информации с датчиков невозможно функционирование таких систем. Одноплатный компьютер, обладая большими вычислительными возможностями, большим объемом памяти, управляемый ОС Linux позволяет накапливать большой объем данных, обрабатывать их и передавать по протоколу Ethernet или WiFi. В настоящее время широко используется предварительная, т.н. интеллектуальная обработка данных с использованием библиотек: Open CV, boost и т.д. В качестве набора датчиков использовалась распространённая плата расширения Robotics, имеющую программную поддержку производителя. Результат работы системы отображается на экране ПК через Windows Presentation Foundation (WPF) – это графическая подсистема в составе .NET Framework.

Ключевые слова: система автоматизации, одноплатный компьютер, BeagleBone Black (BBB), Raspberry Pi (RPi), библиотеки OpenCV, boost, измерительные устройства, обработка данных, визуализация данных.

SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL AND DATA ANALYSIS ON A SINGLE-BOARD
COMPUTER.

O.N. Korelin, A.D. Kupcov, D.A. Koblyakov

Nizhny Novgorod State Technical University named after R. E. Alekseev

Purpose: Development of an automatic system for collecting, accumulating, processing data from sensors. Using Linux OS libraries for data processing on Single Board Computer. Visualization of work results on the PC screen.

Design/methodology/approach: Development of client, server and user parts using modern tools. Using Linux OS libraries.

Findings: An application has been developed with a friendly user interface and performing all the required functions for Single Board Computer and for visualization work.

Research limitations/implications: Developing proposals for this method may be easier than buying ready-made solutions.

Originality/value: The novelty of the work lies in the use of new development tools to achieve the required results. Single-board computers (BeagleBone Black and Raspberry Pi) allow data processing using digital and intelligent processing algorithms.

Keywords: automation system, single-board computer, BeagleBone Black (BBB), Raspberry Pi (RPi), libraries OpenCV, boost, measuring devices, data processing, data visualization.

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ НА РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

А.А. Коротышева

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

С.Н. Жуков

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

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В настоящий момент на рынке отечественных решений для сортировки опасных и ценных видов твердых коммунальных отходов (ТКО), таких как, химические источники тока (элементы питания – ЭП) на первой линии мусороперерабатывающих заводов отсутствуют. Во многом это связано со сложным процессом движения целевых объектов по транспортной ленте, когда ЭП перемешиваются с другими отходами, накрывают друг друга или переворачиваются непредсказуемым образом. В результате, когда ЭП в составе ТКО попадают в рентгеновскую установку, информация о них, получаемая из рентгеновского изображения, может оказаться не полной и искаженной.

В данной работе предложен алгоритм обработки рентгеновского изображения, основанный на методах глубокого машинного обучения, в частности, на нейросетевых моделях. Этот алгоритм позволяет с высокой точностью идентифицировать объекты, даже если они лишь частично видны на изображении. Под идентификацией в работе понимается последовательное применение алгоритмов детектирования и классификации целевых объектов (ЭП) на основе параметров их внутренних структур.

Ключевые слова: машинное обучение, идентификация, нейронная сеть, элементы питания, рентгеновские изображения.

IDENTIFICATION ALGORITHM OF BATTERIES ON X-RAY IMAGES USING DEEP LEARNING METHODS

A.A. Korotysheva, S.N. Zhukov

NizhniyNovgorodstateuniversity.n.a.N.I. Lobachevskiy

Purpose: This article proposes an algorithm for processing X-ray images based on deep machine learning methods, in particular, neural network models.

Design/methodology/approach: The proposed identification algorithm differs from the edge detection algorithms (for example, Canny edge detector) by the ability to recognize overlapping internal structures of objects and take this information into account when classifying.

Findings: The considered identification algorithm will help to obtain more complete information from X-ray images when objects overlap each other.

Research limitations/implications: The present article provides a starting-point for further research in the identification system developing using X-ray images.

Originality/value: The proposed algorithm is self-sufficient, universal and can be adapted for use both in an already developed intelligent identification system and in other systems receiving data from an X-ray machine.

Keywords: machine learning, identification, neural network, batteries, X-ray images.

**ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ В СИСТЕМАХ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОНОМНЫХ
ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ**

А.А. Крит

ORCID: 0000-0003-5194-7910 e-mail: qgc89092850880@gmail.com

Е.Д. Кораблев

ORCID: 0000-0003-4187-3900 e-mail: gravar@gmail.com

В.И. Логинов

ORCID: 0000--0003-3642-2240 e-mail: yilog@list.ru

Ю.С. Федосенко

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

Волжский государственный университет водного транспорта

Тема защиты информации, передаваемой по телекоммуникационным каналам в целях управления автономными подвижными объектами (АПО), приобрела в настоящее время особую актуальность. Основу современных методов обеспечения безопасности информации, передаваемой по каналам связи, составляют, как правило, методы гаммирования с использованием генераторов псевдослучайных чисел (ГПСЧ). В силу специфики АПО при выборе ГПСЧ особое внимание следует уделять гарантированному достижению предустановленного уровня криптостойкости и быстродействия ГПСЧ. В статье приводятся результаты экспериментального исследования версии ГПСЧ, сконструированного на основе линейного конгруэнтного метода. Моделирование ГПСЧ выполнено в рамках локальной сети. Продемонстрирована возможность синтеза однопроходного ГПСЧ с фиксированным значением параметра цикла. Приводятся оценки криптостойкости и быстродействия при реализации ГПСЧ на 16-ти разрядном процессоре Arduino. Тестированием подтверждена идентичность результатов работы ГПСЧ в версиях для разных операционных сред, а также разработанных с использованием различных инструментальных средств программирования.

Ключевые слова: гаммирование, генераторы псевдослучайных чисел, криптостойкость микропроцессор.

**EXPERIENCE IN IMPLEMENTING A PSEUDORANDOM NUMBER GENERATOR IN
INFORMATION SECURITY SYSTEMS FOR AUTONOMOUS MOBILE OBJECTS**

A.A. Krit, E.D. Korablev, V.I. Loginov, Yu.S. Fedosenko

Volga State University of Water Transporto

Purpose: The task of protecting the information transmitted via wireless communication channels to control mobile objects is currently relevant and topical. The basis of modern methods of information protection are gamming methods using pseudorandom number generators (PRNG). The purpose of this article is to implement the PRNG based on the linear congruent method.

Design/methodology/approach: The article presents the implementation of the PRNG based on the linear congruent method. The possibility of synthesizing a single-pass PRNG with a fixed value of the cycle parameter is demonstrated.

Findings: When choosing a PRNG when using them on mobile objects, it is required to ensure the specified cryptographic stability and speed consumption.

Research limitations/implications: The evaluation of cryptographic resistance, performance parameters and power consumption when implemented on the popular 16-bit Arduino processor is given.

Practical implications: The possibility of obtaining a single-pass generator with a single-pass cycle to increase the speed of the synthesis of PSP is shown.

Originality/value: The simulation of the RNG is performed in a local network. The compatibility of generators implemented in different computing environments and programming languages is checked.

Keywords: gamming, pseudorandom number generators, cryptographic stability, microprocessor

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ КООПЕРАТИВНО ОРГАНИЗОВАННОГО ПОТОКА ОБЪЕКТОВ СТАЦИОНАРНЫМ ПРОЦЕССОРОМ

А.А. Овчинин

ORCID: 0009-0001-8596-2422 e-mail: fromdz@mail.ru

Ю.С. Федосенко

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

Волжский государственный университет водного транспорта

В рамках дискретного формализма проводится построение математической модели однофазного однократного обслуживания кооперативно организованного потока объектов стационарным процессором. В модели учитываются моменты времени готовности объектов и процессора к обслуживанию, длительности обслуживания и их однозначно идентифицирующие параметры. Модель описывает технологию планирования расписания грузовой обработки судов, направленных к терминалу обработки; при этом адекватно описываются все существенные для синтеза эффективного расписания обслуживания временные характеристики складывающейся эксплуатационной обстановки, параметры судов и операционной машины терминала, а также установленные для рабочих процессов грузовой обработки нормативы. Вкупе с предлагаемым в статье решающим алгоритмом модель предназначена для программной реализации в цифровой системе поддержки принятия решений при формировании и оптимизации проектов расписаний однофазного однократного обслуживания конечного кооперативно организованного потока объектов стационарным процессором.

Ключевые слова: однофазное обслуживание, поток объектов, кооперативная организация, принятие решений, оперативное планирование

MATHEMATICAL SUPPORT FOR A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE MAINTENANCE OF A COOPERATIVELY ORGANIZED STREAM OF OBJECTS BY A STATIONARY PROCESSOR

A.A. Ovchinin, Yu.S. Fedosenko

Volga State University of Water Transport

Purpose: The purpose of this article is to develop a mathematical model and an algorithm for synthesizing the schedule of single-phase one-time servicing of a cooperatively organized flow of objects by a stationary processor.

Design/methodology/approach: The construction of a mathematical model is based on a discrete formalism, and its subsequent digital implementation is carried out in conjunction with the algorithm developed in the work for synthesizing the schedule of single-phase one-time servicing of a cooperatively organized flow of objects by a stationary processor.

Findings: Mathematical software has been developed for decision support systems in the formation of a schedule for single-phase one-time servicing of a cooperatively organized flow of objects by a stationary processor.

Research limitations/implications: The results of the article serve as a starting point for research and development in the field of intellectualization of operational planning processes using cargo ships, operational and other types of vehicles, including those based on machine learning.

Practical implications: Reducing operating costs for the maintenance of vehicles and operating facilities by reducing their unproductive downtime, as well as reducing the level of influence of the "human factor" on the technology of operational planning.

Originality/value: The models and algorithm for synthesizing service schedules for a cooperatively organized flow of objects are new and practically in demand; their practical implementation in decision support systems can be expanded within the framework of a unified top-level transport process management system based on appropriate cloud functionality and telecommunication technologies.

Keywords: single-phase maintenance, object flow, cooperative organization, decision-making, operational planning

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Э.С. Соколова

ORCID: 0000-0003-0860-2463 e-mail: essokolowa@gmail.com

Д. М. Жолобов

ORCID: 0000-0000-0000-0000 e-mail: dmitryzholobov.nntu@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Рост сложности программных продуктов требует повышения эффективности их тестирования на всем жизненном цикле разработки и сопровождения, что обеспечивает актуальность разработки новых решений в области автоматизации тестирования. Большой функционал программного обеспечения приводит к росту покрытия всех его требований. Неэффективное тестирование программных продуктов приводит к большим издержкам компаний-разработчиков и повышает риск обнаружения дефектов на стадии промышленной эксплуатации, что приводит к поиску решений в области оптимизации процессов тестирования. В работе проведен анализ и разработан способ использования алгоритмов искусственного интеллекта для генерации и предобработки текстовых данных в области тестирования клиент-серверных приложений. Генерация и предобработка текстовых данных является ресурсозатратным процессом, для его оптимизации предлагается использовать предобученную нейросеть на основе марковских процессов принятия решений. Данный метод позволяет провести обработку и анализ текстовых данных и решить задачу поиска закономерностей, на основе которых будут генерироваться новые тексты, представляющие собой тестовые данные для приложений. Для автоматизации процессов построения тестов выбран язык Rust, имеющий высокую производительность и возможность работы с внешними библиотеками, в том числе предоставляющих возможности для работы с марковскими процессами. Сгенерированные текстовые данные апробированы на реальных объектах и показали хорошую производительность. Также исследуются решения в области автоматизации разработанного алгоритма с тестовым фреймворком, что повысит эффективность тестовой сессии.

Ключевые слова: тестирование, искусственный интеллект, оптимизация, марковский процесс.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO AUTOMATE AND OPTIMIZE THE PROCESS OF TESTING SOFTWARE PRODUCTS**D. M. Zholobov, E.S. Sokolova**

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

Purpose: To generate test data using the Markov decision process.

Structure / Methodology / Approach: the article proposes an algorithm written in the go language using the Markov decision process. The algorithm takes a given set of test data as input, analyzes each text object, finds patterns, and generates a new object based on these patterns. The generated text sets can be used as processed test data.

Results: A trained neural network to generate text objects that can be used as test data.

Limitations of the study/idea: The implemented algorithm requires a manual start of the test suite generation. To optimize the testing process, further automation towards integration of the algorithm and the testing framework is expected.

Originality/value: The value of the solution lies in the optimization of resources associated with the testing process. The process of obtaining test data through a test system is resource intensive and can actually take up a large portion of the time of the overall testing process. The development of an automated algorithm for data generation makes it possible to significantly optimize the process of preparing and executing tests. A non-trivial approach to the problem of generating test suites is associated with the use of the Markov decision process, which is currently underestimated when using artificial intelligence technologies. The developed algorithm can also be used for analysis of text objects.

Keywords: testing, artificial intelligence, optimization, Markov process.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА
G-MEANS И ПЕРСЕПТРОНА**

О.В. Судаков

ORCID: 0000-0003-3723-5973 e-mail: Sudakov.oleg123@yandex.ru

Д.В. Дмитриев

ORCID: 0000-0001-9481-0968 e-mail: dmitdmit@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В статье рассмотрены вопросы, связанные с обучением искусственного интеллекта для осуществления динамической аутентификации пользователя. Приведена система интеллектуального анализа, состоящая из алгоритма кластеризации G-Means и перцептрона, позволяющая определить личность пользователя, использующего клавиатуру. Предложена методика, позволяющая с помощью рассматриваемой системы дифференцировать различные психологические состояния человека, влияющие на клавиатурный почерк. Показано, как разделение психологических состояний может уменьшить ошибки первого и второго рода. Приведен пример записи, подготовки и анализа данных об использовании клавиатуры для получения информации о личности пользователя. Приведены числовые показатели, демонстрирующие точность работы предложенной системы.

Ключевые слова: нейронные сети, клавиатурный почерк, g-means, перцептрон, самообучающиеся алгоритмы, обучение без учителя, гибридные системы.

**DETERMINATION OF KEYBOARD HANDWRITING USING THE ALGORITHM
G-MEANS AND PERCEPTRON**

O.V. Sudakov, D.V. Dmitriev

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

Purpose: The article discusses issues related to the training of artificial intelligence for the implementation of dynamic user authentication

Design/methodology/approach: An intelligent analysis system consisting of a G-Means clustering algorithm and a perceptron is presented, which allows determining the identity of the user using the keyboard.

Findings: A technique is proposed that allows using the system under consideration to differentiate various psychological states of a person that affect keyboard handwriting. This reduces errors of the first and second type.

Research limitations/implications: The study is limited by the number of collected samples of keyboard handwriting. Nevertheless, the study shows the possibility of using the considered system for dynamic user authentication.

Originality/value: The proposed system can be used to create dynamic protection of systems that actively use the keyboard. These systems also include operating systems, which allows you to secure them by adding dynamic authentication.

Keywords: neural networks, keyboard handwriting, g-means, perceptron, self-learning algorithms, unsupervised learning, hybrid systems.

**ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
УПРАВЛЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОСТЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ОТ ВИРУСНЫХ АТАК**

Р.А. Хворов

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

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

Эффективность управления защищенностью информационных ресурсов автоматизированных систем специального назначения (АС СН) от вирусных атак характеризуется возможностями нарушителя по реализации угроз вирусных атак на информационные ресурсы АС СН, возможностями механизмов антивирусной защиты в АС СН по обеспечению защищенности ее информационных ресурсов, а также возможностями по управлению защищенностью информационных ресурсов АС СН от вирусных атак.

При этом возможности нарушителя по реализации угроз вирусных атак на информационные ресурсы АС СН рассматриваются как результат его действий, совершаемых с целью деструктивного воздействия на информацию этих систем. Формальная интерпретация такого рода действий определяется как модель угроз вирусных атак.

При характеристике возможностей механизмов антивирусной защиты в АС СН по обеспечению защищенности ее информационных ресурсов следует учитывать, что к настоящему времени в методологии информационной безопасности для исследования эффективности мер обеспечения безопасности информации разработан ряд вариантов формализованного представления такого рода возможностей. Наиболее распространенным вариантом среди них является вариант представления этих возможностей в виде характеристики своевременности реагирования на угрозы.

Ключевые слова: эффективность управления, оценка эффективности, защищенность информационных ресурсов

**SELECTION AND SUBSTANTIATION OF AN INDICATOR FOR ASSESSING THE
EFFICIENCY OF MANAGEMENT SECURITY INFORMATION RESOURCES OF
AUTOMATED SYSTEMS FOR SPECIAL PURPOSE
FROM VIRUS ATTACKS**

R.A.Khvorov

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: The effectiveness of managing the security of information resources of automated systems for special purposes (AS SP) from virus attacks is characterized by the following capabilities: the violator's capabilities to implement threats of virus attacks on the information resources of ASSP; the capabilities of anti-virus protection mechanisms in AS SP to ensure the security of its information resources; the capabilities for managing the security of information resources of AS SP from virus attacks.

Research limitations/implications: With this possibility, violations of the implementation of the threats of virus attacks on information resources are studied by the AS SP as a result of its actions performed with the aim of a destructive impact on the information system. Formal interpretation of such solutions as a virus attack threat model.

When characterizing the capabilities of anti-virus protection mechanisms in AS SP to ensure the security of its information resources, it should be taken into account that by now, in the information security methodology, a number of options for a formalized representation of such capabilities have been developed to study the effectiveness of information security measures. The most common option among them is the option of presenting these capabilities in the form of a characteristic of the timeliness of response to threats.

Originality/value: Improving the effectiveness of protection of information infrastructure objects of automated systems in the conditions of virus attacks.

Keywords: management efficiency, efficiency assessment, security of information resources.

ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДБОР СТОХАСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО РЕШЕНИЯ

А.В. Черников

ORCID: 0009-0009-3708-7326 e-mail: aleksandrchernikov98@gmail.com

В.А. Чеканин

ORCID: 0000-0001-9448-0583 e-mail: vladchekanin@rambler.ru

ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

В работе предложен адаптивный алгоритм подбора и калибровки внутренних параметров параллельных популяционных алгоритмов, используемых для поиска экстремумов нелинейных мультимодальных функций с системой ограничений на конечное решение. Представлены результаты вычислительных экспериментов по поиску наилучшего решения некоторых математических функций двумерного пространства (функции Растригина, Розенброка и Леви) с различными стохастическими параметрами параллельного популяционного алгоритма. Проведён и представлен сравнительный анализ влияния на качество конечного решения каждого из стохастических параметров основного популяционного алгоритма. Предложенный адаптивный популяционный алгоритм способен хранить историю подобранных параметров основного алгоритма, а также использовать её как шаблон при калибровке параметров для поиска лучшего решения новой функции.

Ключевые слова: параллельные популяционные алгоритмы, стохастические параметры, оптимизация, мультимодальные функции, вычислительный эксперимент.

EFFICIENT SELECTION OF STOCHASTIC PARAMETERS OF PARALLEL POPULATION ALGORITHMS AND THEIR IMPACT ON THE QUALITY OF THE SOLUTION

A.V. Chernikov

Moscow State University of Technology «STANKIN»

V.A. Chekanin

Moscow State University of Technology «STANKIN»

Purpose: Development of an adaptive population algorithm for efficient selection of parameters and for solving a wide range of nonlinear multimodal functions.

Design / methodology / approach: The proposed adaptive population algorithm is a combination of several population algorithms working in parallel. In the parameter selection mode, one of the algorithms selects the parameters of the others. The rest of the algorithms are searching for the extremum of the function. Upon completion of parameter calibration, the adaptive algorithm outputs a set of the best of the tested parameters for the final solution of the function. When entering a new function in the normal solution mode, the system can offer algorithm parameters from those calculated earlier.

Findings: The developed adaptive population algorithm greatly simplifies both the process of initial selection of stochastic parameters of population algorithms and the calibration process of already formed ones.

Research limitations/implications: The developed adaptive population algorithm helps to orient in the weight of stochastic parameters and their influence on the quality of the final solution of the function.

Originality/value: The proposed adaptive population algorithm is capable of producing relatively good initial stochastic parameters of parallel population algorithms for various nonlinear multimodal mathematical functions. Also, based on the obtained parameters, it is possible to draw conclusions about the influence and weight of individual parameters on the final solution.

Key words: Parallel population algorithms, stochastic parameters, optimization, multimodal functions, computational experiment.

АТТРАКТОРЫ ДВУХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОДОБИЯ ПЛОСКОСТИ, УДОВЛЕТВОРЯЮЩИЕ СООТНОШЕНИЮ СВЯЗНОСТИ ДЛИНЫ ТРИ

А.В. Багаев

ORCID: 0000-0001-5155-4175, e-mail: a.v.bagaev@gmail.com

А.И. Соловьева

ORCID: 0009-0004-7888-7315, e-mail: solovevaanastasiya31@gmail.com

Ю.А. Яценко

ORCID: 0009-0005-3264-5043, e-mail: yacenkojulia372@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Конечное семейство S сжимающих отображений на полном метрическом пространстве X называется системой итерированных функций (СИФ). Непустое компактное подмножество в X , инвариантное относительно СИФ S , называется аттрактором СИФ S . Согласно теореме Хатчинсона для любой СИФ существует единственный аттрактор. Аттракторы СИФ могут быть как фракталами, так и «регулярными» множествами, например, отрезком, треугольником, квадратом. Системы итерированных функций являются важным частным случаем многозначных динамических систем со сжимающими преобразованиями. Первые работы, посвященные СИФ, принадлежат Дж.Э. Хатчинсону, М. Хаты, и М.Ф. Барнсли.

В работе рассматривается 1-параметрическое семейство $S_\alpha = \{f_1, f_2\}$ собственных преобразований подобия $f_1(z) = \alpha z$, $f_2(z) = \alpha(z - 1) + 1$, где $z, \alpha \in \mathbb{C}$, $0 < |\alpha| < 1$. Известно, что граница множества M тех значений α , для которых аттрактор A_α СИФ S_α является связным множеством, имеет сложную фрактальную структуру. Множество M введено Барнсли и Харрингтоном и названо множеством Мандельброта пары линейных отображений по аналогии с классическим множеством Мандельброта к комплексной динамике. Найдены все СИФ S_α , для которых реализовано соотношение связности длины три, построены аттракторы A_α таких СИФ. Аналогичная задача поставлена и решена также для СИФ S_α , состоящих: 1) из двух несобственных преобразований подобия; 2) одного собственного и одного несобственного преобразований подобия.

Ключевые слова: аттрактор, система итерированных функций, преобразование подобия, гомотетия, фрактал

ATTRACTORS OF TWO PLANE SIMILARITY TRANSFORMATIONS SATISFYING THE CONNECTIVITY RELATION OF LENGTH THREE

A.V. Bagaev, A.I. Solovyeva, Y. A. Yatsenko

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

Purpose: Find iterated function systems (IFS) consisting of two plane similarity transformations and having connected attractors.

Design/methodology/approach: Let $S_\alpha = \{f_1, f_2\}$ be a 1-parametric iterated function system (IFS) consisting of two plane direct similarities $f_1(z) = \alpha z$, $f_2(z) = \alpha(z - 1) + 1$, where $\alpha \in \mathbb{C}$, $0 < |\alpha| < 1$. There is a fundamental dichotomy for attractors of IFS with two maps: they are either connected or totally disconnected. It is known that the boundary of the set $M = \{\alpha | A_\alpha \text{ is connected}\}$ has a fractal structure. The set M was first introduced by Barnsley and Harrington, who called it the “Mandelbrot set for the pair of linear maps,” by analogy with the classical Mandelbrot set in complex dynamics. If IFS S_α satisfies the basic relation (Yamaguti M., Hata M., Kigami J. Mathematics of fractals) then the attractor A_α of IFS S_α is a connected set.

Findings: All IFS S_α satisfying the basic relation of length three are found and the attractors A_α of such IFS are constructed.

Research limitations/implications: A similar problem is posed and solved also for IFS S_α consisting of: 1) two opposite similarities; 2) one direct and one opposite similarities.

Originality/value: The results will help to understand more deeply the structure of the Mandelbrot set for the pair of linear maps.

Keywords: attractor, iterated function system, similarity transformation, homothety, fractal

ПРЕПРОЦЕССОР ПАКЕТА ПРОГРАММ ЛОГОС. ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ СЕТОК ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКИ

К.А. Блажнова

ORCID: 0000-0002-6468-8807 e-mail: kablazhnova@vniief.ru

О.Н. Борисенко

ORCID: 0000-0003-4004-3374 e-mail: ONBorisenko@vniief.ru

А.Г. Гиниятуллина

ORCID: 0000-0002-9390-242X e-mail: AGGiniyatullina@vniief.ru

М.В. Кузьменко

ORCID: 0000-0002-2972-0453 e-mail: MVKuzmenko@vniief.ru

Н.В. Попова

ORCID: 0000-0002-8076-0100 e-mail: NVPopova@vniief.ru

М.В. Черенкова

ORCID: 0009-0009-0575-5246 e-mail: MVCherenkova@vniief.ru

Н.В. Чухманов

ORCID: 0000-0002-4898-4278 e-mail: NVChukhmanov@vniief.ru

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

В данной работе представлен обзор возможностей построения объемных неструктурированных сеток с пограничным слоем, используемых для решения задач аэро- и гидродинамики в пакете программ «Логос». В рамках препроцессора для подготовки расчетных сеток применяются разные генераторы объемных сеток. Для построения сетки преимущественно из шестигранников используется генератор объемной сетки, использующий метод отсечения. Построение многогранных сеток осуществляется генератором объемной сетки основанном на методе преобразования из тетраэдральных сеток, построенных отдельным генератором. Для построения сеток с требуемыми характеристиками необходимо задание минимального количества параметров, генерация сеток проводится в автоматическом режиме.

Для реализованных генераторов сеток рассмотрены основные этапы генерации: определение характерных особенностей модели, построение треугольной смещенной сетки для выделения пограничного слоя, построение объемных ячеек с локальным размером и др.

Ключевые слова: пакет программ «Логос», неструктурированные сетки, пограничный слой, автоматический генератор сеток.

LOGOS SOFTWARE PACKAGE PREPROCESSOR. 3D MESH GENERATION CAPABILITIES TO SOLVE AERO- AND HYDRODYNAMICS PROBLEMS

K. A. Blazhnova, O. N. Borisenko, A. G. Giniyatullina, M. V. Kuzmenko, N. V. Popova, M. V. Cherenkova, N. V. Chukhmanov

Russian Federal Nuclear Center – All-Russia Research Institute of Experimental Physics

Purpose: The paper presents an overview of the LOGOS software package capabilities to generate volume unstructured meshes to use them for solving the aero- and hydrodynamics problems.

Design/methodology/approach: The cells of the volume mesh used for numerical simulation are mostly divided into two parts: prismatic cells near the object being simulated and the cells that fill the rest of the volume. To fill the internal volume tetrahedral, multi-faceted cells or combinations of the cubes far from prismatic cells and truncated cubes close to the surface can be used.

Findings: To build a mesh mostly consisting of hexahedrons, the generator using the cutoff method is used. Polyhedral meshes are built using the volume mesh generator based on the method of transforming the tetrahedral meshes built by a special generator.

Research limitations/implications: The volume grid consists of polyhedrons and it is oriented to use for finite-volume discretization of the system of Navier-Stokes equations.

Originality/value: These generators allow generating volume mesh models for the objects with random geometry that makes them universal means for numerical simulation of the problems of aero-hydrodynamics.

Key words: LOGOS software package, unstructured meshes, boundary layer, automatic mesh generator.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОУДАРЕНИЙ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ТЕЛ МЕТОДОМ СГЛАЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

И.Б. Блажнов

ORCID: 0000-0001-8087-2359 e-mail: idblazhnov@vniief.ru

Д.Н. Кабаев

ORCID: 0000-0003-1739-4352 e-mail: dnkabaev@vniief.ru

Ю.Н. Дерюгин

ORCID: 0000-0002-3955-775X e-mail: videryugin@vniief.ru

С.Н. Полищук

ORCID: 0000-0002-7158-7393 e-mail: snpolischuk@vniief.ru

Е.И. Рябов

ORCID: 0000-0003-1465-4235 e-mail: eiryabov@vniief.ru

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

В работе представлена численная методика, построенная на основе метода SPH для моделирования соударения деформируемых тел. Исходная система дифференциальных уравнений, привлекаемая для описания взаимодействия деформируемых тел, где необходимо учитывать упругопластические свойства, состоит из уравнений газовой динамики и уравнений Прандтля-Рейса описывающей поведение идеальной упругой среды. Система уравнений замыкается уравнением состояния, которое для рассматриваемых веществ берется в форме Ми-Грюнаизена и реологическими зависимостями для описания перехода из упругого состояния в пластическое. Здесь используются две модели: модель Мизеса и модель Джонсона-Кука. Для моделирования процесса разрушения материала используется модель «хрупкого» откола. Для численного решения уравнений, описывающих механическое поведение упругопластической среды, построена полностью консервативная аппроксимация уравнений упругопластики методом сглаженных частиц.

Расчетная методика проверена на ряде тестов: задачи о соударении пластин, тест Тейлора и задачи пробития ударником преград. Проведено сравнение с аналитическим решением, с решениями, полученными по другим методикам, и с экспериментальными данными. Получено качественное и количественное согласие результатов.

Ключевые слова: метод сглаженных частиц, упругопластика, соударение

STRAINED BODIES COLLISION SIMULATION USING SPH METHOD

I.D. Blazhnov, D.N. Kabaev, YU.N. Deryugin, S.N. Polischuk., E.I. Ryabov

Russian Federal Nuclear Center – All-Russia Research Institute of Experimental Physics

Purpose: The paper presents a numerical method on the basis of SPH method to simulate collisions of strained bodies. The initial system of differential equations implemented to describe interactions of strained bodies where we need to account for elasto-plastic properties comprises gas-dynamic equations and Prandtl-Reis equations that describe the behavior of the ideal elastic medium.

Design / methodology / approach: A system of equations is closed with the equation of state that is taken in the Mie-Gruneisen form for the materials under consideration and with rheological dependencies to describe the transition from the elastic to plastic state. Two models are used here: a von Mises model and a Johnson-Cook model. A model of “brittle” spallation is used to simulate the material destruction process.

Findings: A fully conservative approximation of equations with a smoothed particles method is created for the numerical solution of the equations that describe the mechanical behavior of an elasto-plastic medium.

Research limitations / implications: A computation method is verified using a number of tests: the problems of plates collision, a Taylor test and the problem of the barrier penetration with the impactor.

Originality / value: The results were compared with analytical solutions, with the solutions produced using other methods and with the experimental data. The results agree quantitatively and qualitatively.

Key words: smoothed particles method, elasto-plasticity, collision

УДК 519.6

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ «ЛОГОС» ВЛИЯНИЯ
ДИАМЕТРОВ КАПЕЛЬ ВОДЫ НА ПРОЦЕСС ОБЛЕДЕНЕНИЯ
ПРОФИЛЯ КРЫЛА НАСА0012**

Галанов Н.Г.

ORCID: 0000-0001-9550-1994 e-mail: NGGalanov@vniief.ru

Козелков А.С.

ORCID: 0000-0003-3247-0835 e-mail: ASKozelkov@vniief.ru

ФГУП РФЯЦ ВНИИЭФ

Обледенение является одним из опасных явлений, которое создает серьезную проблему для безопасности полетов гражданских самолетов. Для уменьшения трудозатрат при проведении экспериментов внедряются современные численные методики расчетов обледенения. В пакете программ «Логос» реализована методика, позволяющая проводить расчеты задач обледенения.

В большинстве работ, касающихся моделирования обледенения, поток жидких капель принимается монодисперсным. Однако в реальности в облаках капли распределены хаотично и имеют различные диаметры. Реализованная методика решения задач обледенения в ПП «Логос» позволяет использовать как приближение монодисперсных капель, так и приближение среды, в которой содержится спектр частиц с различными диаметрами. На наборе тестовых расчетных постановок проведено исследование по определению зависимости форм наростов льда от диаметров набегающих водяных капель. Приведенные в работе результаты расчетов показывают, как диаметр капель и температура влияют на нарост льда на профиле крыла НАСА0012, и как форма нароста зависит от типа образующегося льда.

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: пакет программ «Логос», обледенение, монодисперсные капли, эйлеров подход

**COMPUTATIONAL INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE DIAMETERS OF
WATER DROPLETS ON THE ICE ACCRETION OF THE AIRFOIL NACA0012 IN THE
«LOGOS» SOFTWARE PACKAGE**

N.G. Galanov, A.S. Kozelkov

Russian Federal Nuclear Center – All-Russia Research Institute of Experimental Physics

Purpose: Using the icing tasks implemented to simulation, to conduct a study of the effect of different droplet diameters on the formation of the ice growths at different temperatures. To evaluate the possibility of using the Eulerian approach to solve icing problems.

Design / methodology / approach: When solving icing problems, the following are used 3D numerical model based on Navier-Stokes equations and Eulerian approach for modeling water particle.

Findings: The examples of applying for ice accretion modelling is present by numerical validation tests including different problem statements with different diameters of water particles.

Research limitations / implications: In the implemented algorithms of the Eulerian approach, liquid particles do not collide with each other and do not break up. In the whole area, it is assumed that particles are continuous medium. The present research allows to determine the limits of applicability of the implemented algorithms of the Eulerian approach.

Originality / value: The value of the research consists of description of the method for ice accretion simulation, which combines the 3D-technique based on Navier-Stokes equations and Eulerian approach. The diameters of water droplets in a continuous medium, modeled using the Eulerian approach, were set both monodisperse and using distribution Langmuir.

Key words: «Logos» software package, ice accretion, monodisperse particle, Eulerian approach

ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЕТОК В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКИ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ «ЛОГОС»**Е.О. Евстифеева**

ORCID: 0000-0001-9135-7475 e-mail: EOEvtstifeeva@vniief.ru

О.Н. Борисенко

ORCID: 0000-0003-4004-3374 e-mail: ONBorisenko@vniief.ru

Д.М. Панкратов

ORCID: 0000-0002-9697-4453 e-mail: DMPankratov@vniief.ru

Т.В. Цалко

ORCID: 0000-0001-9112-5789 e-mail: TVtsalko@vniief.ru

А.И. Шавхитдинова

ORCID: 0000-0001-5821-3082 e-mail: AISHavkhitdinova@vniief.ru

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Подготовка к проведению моделирования физических процессов течения жидкости и газа при решении задач аэро- и гидродинамики состоит из последовательной генерации поверхностной и объемной сеток высокого качества. Препроцессор пакета программ «Логос» предоставляет возможности использования автоматических генераторов сеток следующих типов: поверхностных треугольных; объемных методом отсечения, тетраэдральных, многогранных на основе тетраэдров, объемных для моделей с тонкостенными конструкциями. Генераторы объемных сеток принимают в качестве входных данных поверхностную сетку и предъявляют к ней определенные требования для возможности построения качественной расчетной модели. В зависимости от типа генератора объемных сеток меняется алгоритмическая технология их построения, что обуславливает необходимость в обработке определенных ситуаций при построении поверхностной сетки. В работе представлены возможности генератора поверхностных сеток, реализованные для успешной генерации объемных сеток с различными типами ячеек для исходных моделей с возможным наличием конструктивных особенностей. Проведен анализ, как качество и размеры элементов поверхностной сетки влияют на построение расчетной сетки и впоследствии на сам расчет.

Ключевые слова: поверхностная сетка, расчетная сетка, автоматический генератор сеток, качество ячеек.

SURFACE MESH GENERATION FOR CFD COMPUTATION MODELS PREPARATION IN «LOGOS» SOFTWARE PACKAGE**E.O. Evstifeeva, O.N. Borisenko, D.M. Pankratov, T.V. Tsalko, A.I. Shavkhitdinova**

Russian Federal Nuclear Center – All-Russia Research Institute of Experimental Physics

Purpose: The paper describes the possibilities of the surface mesh generator implemented in «Logos» software package for successful generation of volume meshes with different types of cells for any input models with possible structural features.

Design/methodology/approach: Volume mesh generators use a surface triangular mesh as input data that should satisfy the specific conditions to generate a high-quality computation model. The quality and the sizes of elements of the surface mesh are analyzed in series of experiments as they influence the volume mesh generation and the computation itself.

Findings: The paper describes the tools to find the defects and repair them in the surface mesh generator to produce a consistent mesh without defects that are critical for the volume mesh generator. Moreover, the tools for additional treatment of certain situations within surface mesh generation in the context of its preparation for a specified volume mesh generator are proposed.

Research limitations/implications: This surface triangular mesh generator is applied in computation meshes preparation process in CFD.

Originality/value: The proposed possibilities enable the increased automation of computation mesh preparation process and cutting down the engineer involvement. The analysis has revealed that the use of the surface mesh generator increases the quality of computation meshes and successfulness of modeling on the whole.

Keywords: surface mesh, computation mesh, automatic mesh generator, quality of cells.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕТОК ИЗ ПРОИЗВОЛЬНЫХ МНОГОГРАННИКОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКИ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ «ЛОГОС»

М. В. Кузьменко

ORCID: 0000-0002-2972-0453 e-mail: MVKuzmenko@vniief.ru

О. Н. Борисенко

ORCID: 0000-0003-4004-3374 e-mail: ONBorisenko@vniief.ru

К. А. Блажнова

ORCID: 0000-0002-6468-8807 e-mail: KABlazhnova@vniief.ru

Т. Е. Тимаева

ORCID: 0000-0002-8231-6388 e-mail: TETimaeva@vniief.ru

Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский НИИ экспериментальной физики

В рамках пакета программ Логос для решения задач аэро- и гидродинамики разрабатываются автоматические генераторы неструктурированных объемных сеток с многогранными элементами. Расчетные сетки, построенные автоматическими генераторами, не всегда могут быть надлежащего качества. При освоении новых классов расчетов, в случае возникновения проблем с проведением численного моделирования, возникает необходимость проверить корректность структуры сетки. Поэтому важно иметь программный инструмент для оценки качества сеток и их структуры.

В докладе представлено текущее состояние модуля анализа качества неструктурированных сеток из произвольных многогранников, описаны основные методы модуля анализа качества и его функциональные возможности.

Методы анализа качества сеток могут быть разделены на геометрические и топологические. Топологические методы могут быть использованы без вычисления актуального положения точек, в то время как геометрические – имеют дело с формой ячеек и границей.

В настоящее время реализовано несколько функциональных возможностей модуля: анализ качества для разных типов ячеек (например, для ячеек пограничного слоя) в процессе построения сетки генератором сеток методом отсечения, полный анализ качества сеток после построения, сравнение качества сеток, построенных разными версиями генераторов.

В соответствии с найденными некачественными элементами, имеется возможность коррекции сетки в генераторах неструктурированных сеток.

Ключевые слова: многогранная сетка, анализ качества, методы анализа качества, пакет программ «Логос».

METHODS TO ANALYZE THE QUALITY OF UNSTRUCTURED MESHES OF RANDOM POLYHEDRONS TO SIMULATE AERO- AND HYDRO-DYNAMIC PROBLEMS IN «LOGOS» SOFTWARE PACKAGE

M. V. Kuzmenko, O. N. Borisenko, K. A. Blazhnova, T. E. Timaeva

Russian Federal Nuclear Center – All-Russia Research Institute of Experimental Physics

Purpose: When mastering new classes of computation in case some problems occur with numerical simulation you may need to check correctness of the mesh structure. So, you have a tool to estimate the quality of the computation meshes and their structure. The paper presents the current state of the module for the quality assessment of unstructured meshes of random polyhedrons.

Design / methodology / approach: The methods to assess the quality of the meshes can be divided into geometric ones and topological ones. Topological methods can be used without computing actual position of the points, and the geometric ones deal with the shapes of the cells and boundaries.

Findings: There is a possibility of mesh correction in the generators of unstructured meshes according to the elements of poor quality revealed.

Research limitations / implications: Several functionalities of the module have been recently realized: quality assessment for different types of cells in the process of mesh generation with the cut-off method, full quality analysis of the meshes after generation, comparison of the quality of the meshes generated with different versions of generators.

Originality / value: original methods and algorithms to analyze the quality of unstructured meshes of random polyhedrons

Key words: polyhedral mesh, quality analyze, methods of mesh quality, «Logos» software package

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЯЧЕЕК ПРИ ПОСТРОЕНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ТРЕУГОЛЬНЫХ СЕТОК В ПРЕПОСТПРОЦЕССОРЕ ПАКЕТА ПРОГРАММ «ЛОГОС» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКИ

Д.М. Панкратов

ORCID: 0000-0002-9697-4453 e-mail: DMPankratov@vniief.ru

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Доклад посвящён новым возможностям улучшения качества ячеек поверхностных треугольных сеток для задач трехмерного моделирования аэро- и гидродинамики в пакете программ «Логос». Используются методы, основанные на локальных перестроениях. Поиск треугольников, требующих перестроения, проводится на основе критериев: качества ячейки, соответствия ячейки заданному диапазону размеров, соответствия размера ячейки кривизне описываемой поверхности.

Приводится схема используемого в препостпроцессоре метода построения поверхностной треугольной сетки. Описан процесс формирования и локального перестроения выделенных областей при помощи генератора поверхностных треугольных сеток. Представлены этапы алгоритма улучшения качества ячеек локальным перестроением областей. Приведены примеры улучшения сеток для ряда производственных задач.

Представленные в докладе методы позволяют значительно сократить количество треугольников низкого качества и устранить избыточную подробность для поверхностных треугольных сеток.

Ключевые слова: пакет программ «Логос Аэро-Гидро», генератор поверхностной треугольной сетки, качество сетки, кривизна, размер треугольника.

CELL QUALITY IMPROVEMENT DURING TRIANGULAR SURFACE MESH GENERATION IN LOGOS SOFTWARE PACKAGE PREPOSTPROCESSOR FOR CFD ANALYSIS

D.M. Pankratov

Russian Federal Nuclear Center – All-Russia Research Institute of Experimental Physics

Purpose: A surface mesh quality improvement approach in «Logos» software package is considered.

Design / methodology / approach: Local remeshing based methods are used. Remeshing regions are being formed with respect to criteria of cell quality, cell size compliance with size range and with surface curvature.

Findings: New approach to improve mesh quality and curvature compliance is proposed. The process of region forming and remeshing is described/

Research limitations / implications: Described approach is suitable for triangular surface meshes used for volume mesh generation and on further steps.

Originality / value: The result of mesh quality improvement stage is compliance enhancement of the triangle size to the surface curvature and reduction of the number of low-quality triangles and excess mesh details.

Keywords: «Logos» software package, triangular surface mesh generator, mesh quality, curvature, triangle size.

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА
ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРЕБНОГО ВИНТА****К.С. Плыгунова**ORCID: 0000-0002-1423-3281 e-mail: ksplygunova@vniief.ru**А.С. Козелков**ORCID: 0000-0003-3247-0835 e-mail: ASKozelkov@vniief.ru**В.В. Курулин**ORCID: 0000-0002-1685-3775 e-mail: VVKurulin@vniief.ru

РФЯЦ-ВНИИЭФ,

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Гребной винт является наиболее распространенным типом судовых движителей. Обычно его работа осуществляется в условиях достаточного погружения, однако в процессе эксплуатации, например, в условиях морского волнения при качке судна может возникнуть ситуация, когда винт оказывается в условиях малого погружения. Настоящая работа посвящена исследованию таких режимов с помощью численного моделирования. Инструментом численного моделирования является пакет программ «Логос». Используемая математическая модель основана на трехмерной системе уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу. Для моделирования водной поверхности применяется метод VolumeofFluid. Вращение винтов реализовано с помощью скользящих расчетных сеток с динамическими не состыкованными интерфейсами. В работе содержатся задачи валидации используемой методики численного моделирования, представлена оценка влияния глубины погружения на основные гидродинамические характеристики для одной из конфигураций винта, приводится сравнение кривых действия модели гребного винта при работе в спокойной воде и в условиях морского волнения.

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») и при поддержке гранта Президента РФ для поддержки научных школ НШ-70.2022.1.5.

Ключевые слова: вычислительная гидродинамика, осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, Volumeof Fluid, гребной винт, пакет программ «Логос»

**NUMERICAL STUDY OF THE INFLUENCE OF WATER SURFACE ON THE
HYDRODYNAMIC PERFORMANCE OF A PROPELLER****K.S. Plygunova, A.S. Kozelkov, V.V. Kurulin**

FSUE «RFNC-VNIIEF»

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

Purpose: This article is intended to research the influence of water surface on the hydrodynamic performance of a marine propeller by means numerical modeling.

Design/methodology/approach: The numerical simulation method is based on the solution of a system of Reynolds-averaged Navier-Stokes equations together with a VOF (Volume of Fluid) method. The Reynolds-averaged Navier-Stokes equations are discretized using finite volume method (FVM), and solved by SIMPLE method. The rotation of the propeller is ensured by sliding mesh technique with general grid interface (GGI). The numerical simulations were conducted in «Logos» software package.

Findings: The influence of propeller immersion depth on thrust coefficient, torque coefficient, and efficiency is estimated. The comparison of the hydrodynamic performance of the propeller in calm water and in regular waves is also presented.

Research limitations/ implications: The present article provides a starting-point for further research of marine propellers operation under different conditions.

Originality/value: The paper presents the original results of the simulation of marine propellers operation.

Keywords: computational fluid dynamics, Reynolds-averaged Navier-Stokes equations, Volume of Fluid, marine propeller, «Logos» software package

ТРЕХМЕРНОЕ ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОФАЗНЫХ ТЕЧЕНИЙ СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ С УЧЕТОМ ПРОЦЕССОВ КИПЕНИЯ

А.Ю. Пузан

ORCID:0000-0001-7692-3563 e-mail:ayupuzan@vniief.ru

А.С. Козелков

ORCID: 0000-0003-3247-0835 e-mail:askozelkov@vniief.ru

В.В. Курулин

ORCID: 0000-0002-1685-3775 e-mail:vvkurulin@vniief.ru

Н.В. Тарасова

ORCID: 0000-0002-3228-5333 e-mail:nvtarasova@vniief.ru

РФЯЦ-ВНИИЭФ

В настоящее время большой интерес с прикладной и фундаментальной точки зрения представляет исследование многофазных течений со свободной поверхностью с учетом процессов кипения и конденсации. В рамках данной работы на базе ПП «Логос» на основе метода объема жидкости были реализованы три модели численного расчета указанных процессов, отличающиеся способом расчета массового потока через границу раздела жидкость-газ. Проведено тестирование указанных методик на ряде задач из открытых источников: задача Стефана о движении интерфейса, задача о всплытии пузырька пара в толще жидкости и задача о росте и всплытии пузырька пара в воде в присутствии подогреваемой стенки. Приведены результаты расчетов, анализ применимости реализованных моделей к решению указанного класса задач, а также сравнительный анализ достоинств и недостатков исследуемых моделей кипения.

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») и при поддержке гранта Президента РФ для поддержки научных школ НШ-70.2022.1.5.

Ключевые слова: вычислительная гидродинамика, осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, VolumeofFluid, кипение, фазовый переход, пакет программ «Логос»

THREE-DIMENSIONAL SIMULATION OF MULTIPHASE FLOW WITH FLUID FREE SURFACE WITH BOILING PROCESS

A.Yu. Puzan, A.S. Kozelkov, V.V. Kurulin, N.V. Tarasova

Russian Federal Nuclear Center – The All-Russian Research Institute of Experimental Physics

Purpose: This article is intended to research boiling process by means numerical computer simulation.

Design/methodology/approach: The numerical simulation method is based on the solution of a system of Reynolds-averaged Navier-Stokes equations together with a VOF method and source term of mass flux. The Reynolds-averaged Navier-Stokes equations are discretized using finite volume method (FVM), and solved by SIMPLE method. The numerical simulations were conducted in «Logos» software package.

Findings: Investigate a question applicability and stability of methods of calculation source term of mass flux.

Research limitations/implications: The present article provides a numerical method for interface-resolved simulations of boiling fluid flows based on the VOF method.

Originality/value: The paper presents the original results of the simulation of boiling bubbles.

Keywords: computational fluid dynamics, Reynolds-averaged Navier-Stokes equations, Volume of Fluid, boiling, «Logos» software package

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АЭРОДИНАМИКИ С ПОДВИЖНЫМИ ГРАНИЦАМИ В ПАКЕТЕ ПРОГРАММ «ЛОГОС»**А.В. Саразов**

ORCID: 0000-0002-1143-8978 e-mail: AVSarazov@vniief.ru

А.С. Козелков

ORCID: 0000-0003-3247-0835 e-mail: ASKozelkov@vniief.ru

Р.Н. Жучков

ORCID: 0000-0003-2252-6612 e-mail: RNZhuchkov@vniief.ru

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Проектирование современных летательных аппаратов сопряжено с усложнением конструкции и условий эксплуатации, что требует качественного прогноза АДХ ЛА. В настоящее время идёт постоянный поиск альтернативных вариантов технологии проектирования, сокращающих число натурных испытаний. Одна из альтернатив – вычислительный эксперимент, который занимает всё большее место в процессе разработки ЛА.

Пакет программ «Логос» предназначен для решения задач инженерного анализа. Для численного моделирования задач аэродинамики с подвижными границами в пакете «Логос» применяются методики расчёта на деформирующихся сетках с сохранением топологии связей и сетки с перекрытиями. Выбор подхода численного моделирования определяется непосредственно постановкой задачи. Тем не менее, в ряде задач приходится использовать оба подхода совместно друг с другом с целью качественного описания натурного эксперимента.

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: сетки с перекрытиями, деформация сетки, летательный аппарат.

A TECHNIQUE FOR SOLVING AERODYNAMIC PROBLEMS WITH MOVING BOUNDARIES IN THE «LOGOS» SOFTWARE PACKAGE**A.V.Sarazov, A.S. Kozelkov, R.N. Zhuchkov**

Russian Federal Nuclear Center – The All-Russian Research Institute of Experimental Physics

Purpose: The approaches of numerical modeling of aerodynamic problems with moving boundary conditions are considered. The article discusses two approaches implemented in the «Logos» software package.

Design / methodology / approach: Deformation of the computational grid can be done in several ways. In the case of small changes in the shape or position of the boundary conditions, a reasonable choice is the mesh deformation approach with the connection topology preserved. For large deformations the approach based on grids with overlaps is used. For a number of tasks, both approaches can be used together.

Findings: The developed calculation method demonstrates the correctness of numerical schemes for typical problems of the aviation industry.

Research limitations / implications: The implemented numerical schemes and algorithms can be applied at the design stage of modern aircraft.

Originality / value: The article proposes an original algorithm for pairing two or more meshes with overlaps. The specified algorithm is universal for any types of grids. The implementation of the algorithm is based on Boolean algebra. The issues of contact and intersection of the boundaries of the wall type of different computational grids are discussed.

Key words: meshes with overlaps, deformation of a mesh, aircraft

ПРОЯВЛЕНИЕ ЦУНАМИ В УСТЬЯХ РЕК

И.С. Костенко

ORCID: 0009-0008-8630-1555 e-mail: i.kostenko@skbsami.ru

ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских явлений
Дальневосточного отделения Российской академии наук

В работе представлены случаи проявления цунами на побережье о. Сахалин. Проведенный анализ наблюдений показал, что цунами неоднократно проникали в реки. Рассмотрено проявление исторических цунами (Монеронского 05(06) сентября 1971 года и Невельского 02 августа 2007 года) в устьях рек. При этом наблюдения имели случайный характер, поэтому цунами могли проявиться и в других реках. Помимо этих событий на рассматриваемом побережье зарегистрированы случаи цунами, которые достаточно сильно проявились на острове и также могли проявиться в реках, если бы наблюдения в них во время прихода цунами или сразу после события проводились.

Численные расчеты выполнены с помощью вычислительного комплекса NAMIDANCE. С их помощью выявлена возможность появления волн в разных реках. Расчеты показали, что цунами может проникнуть по руслу реки достаточно далеко. Стоит отметить, что поступление морских соленых вод в пресные русла нерестовых рек, может спровоцировать нежелательные последствия.

Проведено моделирование захода цунами в реку Лопатинка. Оно позволяет оценить высоту и дальность его проникновения. Выявлены особенности распространения волны с учетом встречного потока. Для определения влияния наличия реки на высоту наблюдаемого цунами были проведены численные расчеты с использованием батиметрии с рекой и без нее.

Ключевые слова: цунами, устья рек, численное моделирование, о. Сахалин

MANIFESTATION OF A TSUNAMI IN THE ESTUARIES OF RIVERS

I.S. Kostenko

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches Far East Branch Russian Academy of Sciences

Purpose: The purpose of the study is to analyze observations of tsunami manifestations on the coast of Sakhalin Island, paying special attention to their manifestation in rivers. To carry out numerical calculations of tsunami propagation, as well as to identify the features of their manifestation on the seashore and in the river.

Design/methodology/approach: The analysis of tsunami observations on Sakhalin Island was carried out. Special attention is paid to the events that manifested themselves in the mouths of rivers. For a better understanding of the features of tsunami propagation in the sea and river, numerical calculations were performed using the NAMI DANCE computing complex.

Findings: The features of the manifestation of historical tsunamis in the estuaries of rivers are considered: Moneron 05 (06) September 1971 and Nevelsk 02 August 2007. The calculations carried out in the Lopatinka River showed that a tsunami can penetrate far enough along the riverbed. The analysis of the features of the tsunami manifestation in the river and the coast adjacent to the mouth is carried out. It was revealed that in addition to the events of 1971 and 2007, cases of tsunamis were recorded on the coast under consideration, which were quite strongly manifested on the island and could also manifest themselves in rivers if observations were made in them during the arrival of the tsunami or immediately after the event.

Research limitations/implications: The study is limited by the availability of detailed real coastal and river bathymetry. Nevertheless, the results obtained can be used to analyze the features of tsunami propagation in rivers.

Originality/value: The conducted studies show the possibility of a tsunami in rivers even in the absence of their registration. The conducted simulation of the tsunami entering the Lopatinka River allows us to estimate the height and range of its penetration. The features of wave propagation taking into account the oncoming flow are revealed. To determine the effect of the presence of a river on the height of the observed tsunami, numerical calculations were carried out using bathymetry with and without a river. The conducted studies can be used to assess the tsunami hazard of riverbed parts.

Keywords: tsunami, estuaries, numerical simulation, Sakhalin Island

**ЦУНАМИ ВБЛИЗИ ОСТРОВА САХАЛИН
ОТ ОПОЛЗНЯ В КУРИЛЬСКОЙ ВПАДИНЕ**

Д.А.Окунев

ORCID: 0009-0001-5576-0304 e-mail: okunev_d@list.ru

Р.Е. Мазова

ORCID: 0000-0003-2443-149X e-mail: rmazova@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Сахалинская область расположена в пределах Тихоокеанского сейсмического пояса. Как известно более 50% землетрясений, наблюдаемых в России, происходит именно здесь. Сейсмологи выделяют в пределах области два сейсмоактивных региона – Сахалинский и Курило-Охотский. В настоящее время северный Сахалин и западная часть среднего Сахалина считаются районами с высоким уровнем сейсмической опасности. В данном исследовании рассматривается юго-западный район Сахалинского острова, который вызывает неподдельный интерес в связи с расположением нефтебаз и прохождения нефтепроводов в районе возможных локализаций оползней. Проведено численное моделирование волн цунами, образованных от подводного оползня в Курильской котловине в рамках упруго-пластической модели, а также сравнение полученных результатов с результатами моделирования цунами, образованных от той же локализации оползневого тела, рассчитанного в рамках твердотельной сегментарной модели.

Ключевые слова: численное моделирование, оползень, цунами, сегментарная твердотельная модель, упруго-пластическая модель, Курильская котловина.

**TSUNAMI NEAR SAKHALIN ISLAND
FROM A LANDSLIDE IN THE KURIL DEEP**

Okunev D.A, Mazova R. E.

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

Purpose: This article considers the possible occurrence of a tsunami in the Sakhalin region from an underwater landslide using numerical simulations.

Design/methodology/approach: Numerical modeling was used to obtain data on wave propagation in the studied region. After the calculations, also obtained data on the heights of waves on the coasts. The seismic source was considered in this problem within the elastic-plastic model.

Findings: Various areas of landslides located in the Kuril basin are considered. When considering the problem of tsunami wave generation in the framework of an elastic-plastic model, a possible generation and propagation of tsunami waves in the Kuril Basin was obtained.

Research limitations/implications: This article is a continuation of further studies of the tsunami in the area of the Kuril Basin.

Originality/value: The calculations have not been carried out previously in the regions under study, so in this case we obtained fundamentally new data.

Keywords: numerical simulation, landslide, tsunami, segmental solid model, elastic-plastic model, Kuril basin

МЕТОД НЕСТАЦИОНАРНОЙ АНАЛОГИИ В ЗАДАЧЕ О КАТАМАРАНЕ

Ю.Ф.Орлов

ORCID: 0009-0006-8533-8378 e-mail: yorlov@mts-nn.ru

А.М.Сидельников

ORCID: 0009-0004-4556-136X e-mail: asidelnikov111@gmail.com

В.Д.Шудрик

ORCID: 0009-0001-9919-2756 e-mail: Vshudrik@gmail.com

Т.Н.Яковлева

ORCID: 0009-0008-0216-681X e-mail: tamara.yakovleva0015@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Нестационарная аналогия стационарного движения удлиненных тел, когда стационарное движение тела с постоянной скоростью в трехмерном пространстве рассматривают как плоскую нестационарную задачу изменения во времени формы контура тела в поперечном сечении, используется для исследования гидродинамических характеристик катамарана. Краевая задача для уравнения Лапласа сведена к интегральному уравнению Вольтерра типа свёртка с периодическим ядром, для которого найден обратный оператор в случаях безударного и ударного погружения контуров. В соответствии с этим рассмотрены водоизмещающий и глиссирующий катамараны. Получены зависимости от числа Фруда волнового сопротивления и формы волновых поверхностей при различных значениях клиренса для водоизмещающего и глиссирующего катамаранов.

Ключевые слова: Нестационарная аналогия, стационарное движение, катамаран, волновая поверхность.

THE METHOD OF NON-STATIONARY ANALOGY IN THE PROBLEM OF THE CATAMARAN.**Y.F. Orlov, A.M. Sidelnikov, V.D. Shudrik, T.N. Yakovleva.**

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

Purpose: The non-stationary analogy of the stationary movement of elongated bodies, when the stationary movement of a body with a constant velocity in three-dimensional space is considered as a planar non-stationary problem of changing in time the shape of the body contour in the cross section, is used to research the hydrodynamic characteristics of a catamaran.

Design/methodology/approach: The boundary value problem for the Laplace equation is reduced to the Volterra integral equation of the convolution type with a periodic kernel, for which the inverse operator is found for the cases of shock-free and shock-dipping contours.

Findings: Water-displacement and gliding catamarans are considered. Dependences on the Froude number of wave resistance and the shape of wave surfaces at different values of clearance for water-displacing and gliding catamarans are obtained.

Research limitations/implications: The present article is an intermediate point in further research on the hydrodynamic characteristics of the catamaran.

Originality/value: Improving the "physical qualities" of hydraulic engineering, in particular, catamarans, seaplanes, which can subsequently significantly increase their efficiency.

Keywords: Non-stationary analogy, stationary movement, catamaran, wave surface

УДК 681.2.08

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

Пак А. Х.

ORCID: 0009-0005-1257-1032 e-mail: a.pak@skbsami.ru

ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских явлений
Дальневосточного отделения Российской академии наук
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Цель данной работы является исследование характеристик прочных цилиндрических корпусов, предназначенных для работы в агрессивной морской среде в составе измерительных систем. Для проведения испытаний был выбран материал – полиуретан BC8782.

Для этого была проведена серия лабораторных экспериментов и численного моделирования для оценки влияния внешнего воздействия морской среды на физические параметры.

В результате получения хорошей апробации результатов численного моделирования с натурными экспериментами согласно ГОСТам. В дальнейшем планируется проведение натурных испытаний в Охотском море в рамках измерительных систем экологического мониторинга.

Ключевые слова: математическое моделирование, лабораторные исследования, полиуретан, корпус, прочность

**STUDY OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF POLYURETHANE CYLINDRICAL
STRONG HOUSINGS FOR MEASURING SYSTEMS IN THE MARINE ENVIRONMENT**

Рак. А. К.

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches Far East Branch Russian Academy of
Sciences

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

Purpose: Investigation of the characteristics of strong cylindrical hulls designed to work in an aggressive marine environment as part of measuring systems. The material chosen for the tests was polyurethane BC8782.

Design/methodology/approach: A series of laboratory experiments and numerical simulations were carried out to assess the impact of the external impact of the marine environment on the physical parameters.

Findings: As a result of obtaining a good approbation of the results of numerical modeling with full-scale experiments according to GOST.

Research limitations/implications: For a full-fledged analysis, it is necessary to collect statistics.

Originality/value: The design of durable polyurethane housings significantly reduces the material and financial component in the development of environmental monitoring systems, as well as simplifies the technological process for their manufacture.

Keywords: mathematical modeling, laboratory studies, polyurethane, housing, strength

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ПРИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПАКЕТОВ ВНУТРЕННИХ ВОЛН НАД ДОННЫМ УСТУПОМ В ТРЕХСЛОЙНОЙ ЖИДКОСТИ

Н.А. Санников

ORCID: 0000-0001-9609-9786 e-mail: Sannikov_na@mail.ru

О.Е. Куркина

ORCID: 0000-0002-4030-2906 e-mail: oksana.kurkina@mail.ru

Е.А. Рувинская

ORCID: 0000-0002-3858-1731 e-mail: e.rouvinskaya@gmail.com

А.А. Куркин

ORCID: 0000-0003-3828-6406 e-mail: aakurkin@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящей работе исследуется процесс перераспределения энергии локализованного волнового пакета в трехслойной жидкости при его трансформации над донным уступом, высота и ширина которого варьируется в серии численных экспериментов. Набор значений этих параметров уступа предполагает различные сценарии трансформации волнового пакета в рамках полнонелинейной модели гидродинамики невязкой несжимаемой стратифицированной жидкости. При помощи анализа волнового поля в пределах области взаимодействия с уступом, оцениваются значения безразмерных параметров: числа Ричардсона, Фруда, Ирребарена. Показано, что отражение волнового пакета от уступа минимально при всех рассмотренных случаях. Передача энергии с нижнего интерфейса на верхний наблюдается в расчетах, где уступ выше границы раздела нижнего и среднего слоя, и фактически реализуется переход из трехслойной жидкости в двухслойную.

Ключевые слова: внутренние волны, бризер, волновой пакет, перераспределение энергии, полнонелинейная модель гидродинамики, трехслойная жидкость

VISUALIZATION AND ANALYSIS OF ENERGY REDISTRIBUTION DURING THE TRANSFORMATION OF INTERNAL WAVE PACKETS OVER A BOTTOM STEP IN A THREE- LAYER FLUID

N.A. Sannikov, O.E. Kurkina, E.A. Rouvinskaya, A.A. Kurkin

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

Purpose: This article considers the process of redistribution of the energy of a localized wave packet in a three-layer fluid during its transformation over a bottom ledge at its various parameters.

Design/methodology/approach: The set of values of the height and width of the steps suggests various scenarios of the breather transformation within the framework of a fully nonlinear model of the fluid dynamics of an inviscid incompressible fluid. Using the analysis of the wave field within the area of interaction with the ledge, the values of dimensionless parameters, such as the Richardson, Froude, Iribarren numbers are estimated.

Findings: It is shown that the reflection of the wave packet from the ledge is minimal in all cases considered. Energy transfer from the lower interface to the upper one is observed in calculations where the ledge is above the interface between the lower and middle layers, and the transition from a three-layer liquid to a two-layer one is actually realized.

Research limitations/implications: Research limitations are due to the fact, that we use a model of the motion of an inviscid incompressible stratified fluid in the Boussinesq approximation.

Originality/value: The dynamics of long fully-nonlinear waves such as breathers have not been studied much, therefore fundamentally new results have been obtained.

Keywords: internal waves, breather, wave packet, energy redistribution, fully nonlinear model of hydrodynamics

УДК 551.46.081

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА АВТОНОМНЫМИ ДОННЫМИ РЕГИСТРАТОРАМИ ВОЛНЕНИЯ

А.И. Сидоренко

ORCID:0000-0002-2094-7854 e-mail: sidorenko.artem@inbox.ru

ФГБУН Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских явлений
Дальневосточного отделения Российской академии наук
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Целью данной работы является исследование волновых процессов в прибрежной зоне с помощью регистраторов донного давления. Прибрежная зона моря постоянно подвергается опасным природным процессам, и многими учеными проводятся исследования по изучению прибрежной зоны в следствии частых штормовых нагонов, аномально высоких волн («волны-убийцы»), возможном усилении длинных волн. Исследования проводятся так же для обеспечения безопасности в портах и шельфовых проектах, но в тех районах где штормовые нагоны редки и возможность цунами минимальна исследования не проводятся. Однако возникающие опасные волновые процессы случаются и могут представлять большую угрозу поселкам, расположенным в близи берега. В результате проведенного эксперимента по регистрации поверхностных волн в Татарском проливе прибрежной зоны острова Сахалин накоплен значительный материал. Анализ данных позволил объяснить особенности волновых процессов данного региона.

Ключевые слова: автономный донный регистратор волнения, опасные волновые процессы, остров Сахалин, Татарский пролив

STUDY OF WAVE PROCESSES OF THE COASTAL REGIONS OF THE TATAR STRAIT BY AUTONOMOUS BOTTOM WAVE RECORDERS

A.I.Sidorenko

Special Research Bureau for Automation of Marine Researches Far East Branch Russian Academy of Sciences

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

Purpose: In many areas, dangerous wave processes are not studied due to their rarity or lack of industrial areas, but dangerous wave processes do occur and can pose a great threat to settlements located near the coast.

Design/methodology/approach: A site has been selected for the research where there are rare marine hazards that cause damage to the population. In this connection, residents independently build breakwaters from construction debris. In this place, a wave recorder is installed to analyze wave processes. Visual observation of the sea was also carried out.

Findings: Based on the results of the recordings, rare anomalous waves have been identified that exceed the height of the waves.

Research limitations/implications: For a full-fledged analysis, you need to install several wave recorders and collect statistics.

Originality/value: Dangerous wave processes are a serious threat to the health and life of the population. Also, dangerous wave processes cause damage to the population in unprotected areas, in connection with which people independently build breakwaters from construction debris.

Keywords: autonomous bottom wave recorder, dangerous wave processes, Sakhalin Island, Tatar Strait

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОРИЧЕСКИХ
И ВОЗМОЖНЫХ ЦУНАМИ В АРКТИКЕ**

М. С. Винокуров

ORCID: 0000-0001-7003-9726 e-mail: crz@mvinokurov.ru

Р. Х. Мазова

ORCID: 0000-0003-2443-149X e-mail: raissamazova@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Арктика является наименее изученным регионом с точки зрения проблем, связанных с землетрясениями и цунами. Обычно опасность цунами в Арктике считается незначительной. Это связано, прежде всего, с низкой сейсмической активностью региона. В связи с экономическим освоением шельфа, проблема опасности цунами на арктическом побережье становится актуальной и требует детального изучения вероятных событий генерации волн цунами. В данном исследовании рассматривается потенциальная проблема опасности цунами в Арктическом регионе, и приведены оценки возможных высот волн цунами на шельфах арктических побережий моря Баффина, моря Лаптевых и моря Бофорта. С применением клавишной модели зоны субдукции, был разработан ряд сценариев возможного возникновения землетрясений с очагом в районе локализации исторических землетрясений с магнитудами $M > 6$.

Ключевые слова: численное моделирование, цунами, клавишная модель землетрясения, арктический шельф.

**NUMERICAL MODELLING OF HISTORICAL
AND POSSIBLE TSUNAMIS IN THE ARCTIC**

Vinokurov M.S., Mazova R. Kh.

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

Purpose: This article discusses the possibility of a tsunami in the Arctic zone, with the localization of historical earthquakes with a magnitude of $M > 6$.

Design/methodology/approach: Numerical modeling was used to obtain data on wave propagation in the studied regions (the Baffin Sea, the Beaufort Sea, and the Laptev Sea). After the calculations, also obtained data on the heights of waves on the coasts. The length and width of the rupture in the earthquake source was determined using the Lamb formulas for earthquake magnitudes for these events and the maximum displacement of the wave surface above the earthquake source was determined using the Iida formula.

Findings: Various sections of the subduction zone located in the Arctic region were considered. When considering the problem of generating tsunami waves by a keyboard source, for given displacements of blocks in the earthquake source, a possible generation of a tsunami wave by it is obtained.

Research limitations/implications: This article is the continuation of further research in the waters of the Arctic.

Originality/value: The calculations have not been carried out previously in the regions under study, so in this case we obtained fundamentally new data.

Keywords: Arctic Ocean, Arctic shelf, earthquake key-board model, tsunami, numerical simulation.

М.В. Кокоулина

ORCID: 0000-0001-5890-3649 e-mail: kokoulinamaria97@gmail.com

С.А. Епифанов

ORCID: 0009-0000-5585-6082 e-mail: epifanov.s.a@yandex.ru

И.В. Кокоулин

ORCID: 0009-0003-0236-844X e-mail: vanish110984@mail.ru

А.А. Барыкина

ORCID: 0009-0008-2351-3972 e-mail: an.barykina@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. П. Е. Алексеева

Работа посвящена исследованию региональных особенностей поля внутренних волн на основе натуральных данных в Балтийском море вблизи морской ледостойкой стационарной платформы Д6. В качестве исходных данных для анализа использовались записи вертикального профиля температуры воды от времени, полученные за август 2015 и 2016 г. в юго-восточной части Балтийского моря (глубина в точке замеров 30 м). Частота дискретизации записи составляет 1 мин. Используются также данные гидрологического атласа WOA18 о вертикальном распределении солености вблизи точки измерений. Рассчитанные временные ряды плотности используются для получения основных статистических характеристик, в том числе статистических моментов. Наряду с моментными характеристиками были определены параметры волн, такие как высоты волн, периоды, крутизна и амплитуда волнового склона. Построены и проанализированы распределения ординат волн, высот волн, периодов и других характеристик волнения. Показано, что исследуемые вероятностные характеристики внутренних волн хорошо описываются логнормальным распределением.

Ключевые слова: внутренние волны, натурные наблюдения, шельф, Балтийское море

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF INTERNAL WAVES IN THE BALTIC SEA

M.V. Kokoulina, S. A. Epifanov, I.V. Kokoulin, A. A. Barykina

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

Purpose: The aim of the study is to describe the statistical features of internal waves for the conditions of the Baltic Sea based on field data.

Design/methodology/approach: The studies were carried out on the basis of methods of mathematical statistics

Findings: The distributions of wave ordinates, wave heights, periods and other wave characteristics are constructed and analyzed. It is shown that the studied probabilistic characteristics of internal waves are well described by the lognormal distribution.

Research limitations/implications: The study is limited by the resolution of the data, the number of measurements performed.

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 present research provides a starting point for further studies in this field.

Keywords: internal waves, field data, shelf, Baltic Sea

СРАВНЕНИЕ ДИСПЕРСИИ УКЛОНОВ ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИЗМЕРЕННЫХ РАДИОЛОКАТОРАМИ КА И X ДИАПАЗОНА

Д.А.Ковалдов

ORCID: 0000-0002-9535-4949 e-mail: d.kovaldov@ipfran.ru

Ю.А. Титченко

ORCID: 0000-0001-7762-7731 e-mail: yuriy@ipfran.ru

М.С.Рябкова

ORCID: 0000-0002-2299-1250 e-mail: mrjabkova@ipfran.ru

В.Ю.Караев

ORCID: 0000-0002-4054-4905 e-mail: volody@ipfran.ru,

К.А.Понур

ORCID: 0000-0003-3189-7095 e-mail: ponur@ipfran.ru

Е.М.Мешков

ORCID: 0000-0002-5353-7528 e-mail: meshkov@ipfran.ru

Э.М.Зуйкова

ORCID: 0000-0003-0343-8879 e-mail: zuikova@ipfran.ru

Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук

Увеличение числа параметров волнения, определяемых по данным радиолокаторов, является одним из направлений развития дистанционного зондирования. Одним из важных параметров волнения является дисперсия уклонов волнения определяемая при зондировании под малыми углами. Теоретические оценки показывают различие наблюдаемых дисперсий уклонов в разных диапазонах длин волн. Это получается из-за входящего в приближение Кирхгофа условия на минимальную длину морской волны, вносящую вклад в отраженный сигнал. Разность дисперсий уклонов, измеренных в разных диапазонах, позволит оценить новый интегральный параметр отражающей поверхности. Для определения данного параметра была проведена серия экспериментов на р.Ока с установленными на метромост радиолокаторами Ка (9.7 мм) и Х (3 см) диапазона. Для определения дисперсии уклонов использовалась азимутальная зависимость сечения обратного рассеяния, измеренная при одном угле падения. Проведено сравнение полученных характеристик для радиолокаторов Ка и Х диапазона.

Ключевые слова: малые углы падения, радиолокатор СВЧ-диапазона, азимутальная зависимость сечения обратного рассеяния, поверхностное волнение

COMPARISON OF DISPERSION OF WATER SURFACE SLOPES MEASURED BY KA AND X BAND RADARS**D.A. Kovaldov, Yu.A. Titchenko, M.S. Ryabkova, V.Yu. Karaev, K.A. Ponur, E.M. Meshkov, E.M. Zuikova**

Federal Research Center Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences

Purpose: The purpose of the experiment was to measure the dispersion of the slopes of large-scale waves that form along the river and compare the results obtained in the Ka and X bands.

Design/methodology/approach: A series of measurements was carried out with a Ka-band and X-band Doppler radars installed on the metro bridge across the Oka River within the city of Nizhny Novgorod. To determine the slope dispersion, we used the azimuthal dependence of the backscattering cross section, measured at one angle of incidence.

Findings: The azimuthal dependences of the backscattering cross section in the Ka- and X-bands are obtained, and the slope dispersions are calculated based on the results obtained.

Research limitations/implications: This article is the starting point for further research in cases of different types of waves on the river surface.

Originality/value: The difference in the dispersions of the slopes measured in different bands will make it possible to estimate a new integral parameter of the reflecting surface. This parameter will make it possible to study the effect of various wave formation conditions on the extremely difficult to measure range of surface wave lengths.

Keywords: low angles of incidence, microwave radar, azimuthal dependence of the backscatter cross section, surface waves

