



№6-2023

ISSN 1999-9429

# ИЗВЕСТИЯ ЮФУ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Алгоритмы обработки информации
- Анализ данных и моделирование
- Электроника, приборостроение и радиотехника

# ИЗВЕСТИЯ ЮФУ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ IZVESTIYA SFedU. ENGINEERING SCIENCES

Свидетельство о регистрации средства массовой информации

ПИ № ФС77-28889 от 12.07.2007

Федеральная служба по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи  
и охраны культурного наследия

Научно-технический и прикладной журнал

Издается с 1995 года, до середины 2007 года под названием «Известия ТРТУ»

Подписной индекс ПС704

№ 6 (236). 2023 г.

---

Журнал включен в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

## Редакционный совет

Курейчик В.В. (гл. редактор); Кравченко Ю.А. (зам. гл. редактора); Курейчик В.М. (зам. гл. редактора); Бородянский И.М. (ученый секретарь); Абрамов С.М.; Агеев О.А.; Бабенко Л.К.; Боженюк А.В.; Веселов Г.Е.; Гайдук А.Р.; Горбанёва О.И.; Каляев И.А.; Коноплев Б.Г.; Касьянов А.О.; Левин И.И.; Куповых Г.В.; Лысенко И.Е.; Малюков С.П.; Медведев М.Ю.; Мельник Э.В.; Никитов С.А.; Обуховец В.А.; Панич А.Е.; Петров В.В.; Пшихопов В.Х.; Редько В.Г.; Румянцев К.Е.; Семенихина Д.В.; Сергеев Н.Е.; Стемпковский А.Л.; Сухинов А.И.; Тополов В.Ю.; Турулин И.И.; Угольницкий Г.А.; Усов А.Б.; Федосов В.П.; Целых А.Н.; Юханов Ю.В.

Учредитель Южный федеральный университет.

Издатель Южный федеральный университет.

Ответственный за выпуск Клевцов С.И.

Технический редактор Ярошевич Н.В.

Оригинал-макет выполнен Ярошевич Н.В.

Дата выхода в свет 27.12. 2023 г. Формат 70×108  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.

Офсетная печать. Усл. печ. л. – 25,1. Уч.-изд. л. – 19,7.

Заказ № 9343. Тираж 250 экз.

Адрес издателя: 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел. 8(863)243-41-66.

Адрес типографии: Отпечатано в отделе полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ. 344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел. 8(863)243-41-66.

Адрес редакции: 347922, г. Таганрог, ул. Чехова, 22, ЮФУ, тел. +7 (928) 909-57-82, e-mail: [iborodyanskiy@sfedu.ru](mailto:iborodyanskiy@sfedu.ru), <http://izv-tn.tti.sfedu.ru/>.

16+

Цена свободная

ISSN 1999-9429 (Print)

ISSN 2311-3103 (Online)

© Южный федеральный университет, 2023



С глубоким прискорбием сообщаем, что 15.12.2023 на 79 году жизни после тяжелой болезни ушел из жизни профессор кафедры систем автоматизированного проектирования Института компьютерных технологий и информационной безопасности ИТА ЮФУ, Заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор Виктор Михайлович Курейчик.

Виктор Михайлович Курейчик в 1967 году окончил Таганрогский радиотехнический институт по специальности «Счетно-решающие приборы и устройства». В 1971 году защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 1978 году защитил докторскую диссертацию.

Виктор Михайлович работал в университете с января 1968 года, занимая должности инженера, начальника лаборатории, начальника отдела ОКБ, заведующего отделом НИИ. С 1979 по 1999 год являлся заведующим кафедрой. С 1982 года – профессор, с 1982 по 1987 год – декан факультета микроэлектроники и электронной техники. В 1987 году по его инициативе создана кафедра систем автоматизированного проектирования, которой он руководил до 1999 года. С 1999 по 2003 год являлся проректором Таганрогского государственного радиотехнического университета по информатике и директором Ростовского областного центра новых информационных технологий, с 2003 по 2006 год – проректором по науке, а с 2006 по 2012 год – заместителем руководителя по научной и инновационной деятельности Технологического института Южного федерального университета. В 2012 году организовал кафедру дискретной математики и методов оптимизации Южного федерального университета, которой руководил до 2017 года.

Виктор Михайлович внес значительный вклад в развитие Южного федерального университета, в подготовку научных и педагогических кадров высшей квалификации. Под его руководством сформирована и успешно функционирует научная школа в области эволюционного моделирования и интеллектуальных САПР, в рамках которой им подготовлены 65 кандидатов и 10 докторов наук. Курейчик В.М. является автором более 720 научных, учебных и учебно-методических работ. Полученные научные результаты, использованы более чем в 40 грантах, выполненных при его непосредственном участии.

Виктор Михайлович Курейчик является Заслуженным деятелем науки Российской Федерации, Почетным работником высшего профессионального образования Российской Федерации, действительным членом РАЕН, действительным членом академии инженерных наук Российской Федерации, членом Ученого Совета Института проблем естественных монополий (г. Москва), членом Российской Ассоциации искусственного интеллекта (РАИИ), руководителем Северо-Кавказского отделения РАИИ, членом экспертного совета Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Российского научного фонда (РНФ). Виктор Михайлович награжден Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» второй степени и почетным знаком РАЕН «За заслуги в развитии науки и экономики».

*Редационный совет журнала "Известия ЮФУ. Технические науки" приносит соболезнования родным и близким Виктора Михайловича.*

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I. АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

<b>Д.О. Бросалин, Б.В. Гуренко, М.Ю. Медведев</b> ИНТЕГРАЦИЯ ЛОКАЛЬНОГО И ГЛОБАЛЬНОГО ПЛАНИРОВЩИКОВ В СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ.....	8
<b>Л.А. Гладков, Н.В. Гладкова</b> АЛГОРИТМ СИНТЕЗА КОМБИНАЦИОННЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА.....	24
<b>Д.А. Гужва, К.О. Север, И.И. Турулин</b> 8-ПОЛОСНЫЙ НЕОДНОРОДНЫЙ БАНК БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ РЕКУРСИВНЫХ ФИЛЬТРОВ С КОНЕЧНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ДЛЯ СЛУХОВЫХ АППАРАТОВ .....	34
<b>С.М. Гушанский, В.С. Потанов</b> ХАРАКТЕРИСТИКА КВАНТОВЫХ СХЕМ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ КОНФИГУРАЦИЯМИ КУБИТОВ.....	44
<b>Е.Ю. Кисловский, А.В. Шандыбин, В.Н. Таран</b> ПРОЕКЦИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ РИККАТИ В ПОЛИНОМЫ ВОЛЬТЕРРА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	57
<b>Н.С. Кривша, В.В. Кривша, С.А. Бутенков</b> АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ГИБРИДНЫЕ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ.....	66
<b>А.М. Макаров, А.С. Ермаков</b> ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ОПЕРАТОРОВ МЕЛЛИНА И НЕКОТОРЫЕ ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ.....	76
<b>Е.С. Подошлелова, И.И. Князев</b> МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА FMEA ПРИ ПОМОЩИ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ .....	88
<b>К.О. Север, Д.А. Гужва, И.И. Турулин</b> РЕКУРСИВНЫЙ РАЗДЕЛИМЫЙ ДВУМЕРНЫЙ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬТР ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕЗКОСТИ RGB-ИЗОБРАЖЕНИЙ.....	95
<b>Х.Б. Штанчасв</b> СТАТИСТИЧЕСКИЕ И МАШИННЫЕ МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ ИЗ ТЕКСТА (ОБЗОР) .....	105

### РАЗДЕЛ II. АНАЛИЗ ДАННЫХ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

<b>О.В. Белоусова</b> ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ: МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ.....	115
<b>С.И. Клевцов</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА НОРМИРОВАННОГО РАЗМАХА ДЛЯ ОЦЕНКИ ИДЕНТИЧНОСТИ ЦИКЛОВ ИСПЫТАНИЙ .....	126
<b>В.А. Костюков, М.Ю. Бутенко, В.Г. Гисцов, И.Д. Евдокимов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ СТАНЦИЙ ПОДЗАРЯДКИ ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУППЫ БПЛА МУЛЬТИКОПТЕРНОГО ТИПА .....	138
<b>И.И. Левин, Д.А. Сорокин, А.В. Касаркин</b> АРХИТЕКТУРА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЦФВМ.....	150

<b>В.Т. Лобач, А.Н. Бакуменко</b> ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ФЛУКТУАЦИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ОТРАЖЕННОГО СИГНАЛА ПРИ МАЛЫХ НЕРОВНОСТЯХ ОТРАЖАЮЩЕЙ МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ .....	162
<b>А.А. Марьев, З.А. Понимаш</b> МЕТОД И АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ЛОКАЦИИ И БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ С ПОДВИЖНОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ.....	179
<b>А.М. Пилипенко, И.В. Бондаренко</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ С УЧЕТОМ ПОРЯДКА ПЕТЛЕВОГО ФИЛЬТРА.....	190
<b>А.В. Проскураков</b> АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РЕАЛИЗАЦИИ МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ КОНЦЕПЦИИ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЕРИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ФРАГМЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ .....	199
<b>В.Д. Салманов</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕРА МЕМПУЛА НА ОСНОВЕ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО В УСЛОВИЯХ НЕПОЛНОЙ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	212
<b>М.А. Стрижко</b> МОДИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ЗАДЕРЖКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ М. ДЖ. БЭКМАННА ДЛЯ ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ ПЕРЕКРЕСТКОВ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА .....	222

### **РАЗДЕЛ III. ЭЛЕКТРОНИКА, ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И РАДИОТЕХНИКА**

<b>С.С. Верещагина</b> МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИРОВАНИИ.....	231
<b>Н.К. Полуянович, М.Н. Дубяго</b> ОЦЕНКА ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИМЕРНОГО ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ИЗ-ЗА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ И РАДИКАЛЬНО-ЦЕПНЫХ МЕХАНИЗМОВ РАЗРУШЕНИЯ .....	244
<b>А.И. Семенихин, А.В. Климов, А.Н. Савицкий</b> АНИЗОТРОПНАЯ ИМПЕДАНСНАЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ МЕТАПОВЕРХНОСТЬ ДЛЯ САМОАДАПТИВНОГО ГАШЕНИЯ РАССЕЯННЫХ ВОЛН ЛЮБЫХ ПОЛЯРИЗАЦИЙ .....	258
<b>К.А. Синяян, Ю.В. Юханов, И.В. Ильин, И.В. Мерглодов</b> ИЗМЕРЕНИЕ МАЛОЗАМЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ В БЭЭХОВОЙ КАМЕРЕ.....	267
<b>С.А. Шелкоплясов</b> АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ РАСШИРЕННОЙ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ.....	276