



№6-2024

ISSN 1999-9429

# ИЗВЕСТИЯ ЮФУ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Алгоритмы обработки информации
- Анализ данных и моделирование
- Вычислительные и информационно-управляющие системы
- Нанотехнологии, электроника 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 (242). 2024 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); Бородянский И.М. (ученый секретарь); Абрамов С.М.; Агеев О.А.; Бабенко Л.К.; Боженюк А.В.; Борисов В.В.; Веселов Г.Е.; Гайдук А.Р.; Горбанёва О.И.; Еремеев А.П.; Зинченко Л.А.; Каляев И.А.; Касьянов А.О.; Коноплев Б.Г.; Коробейников А.Г.; Куповых Г.В.; Левин И.И.; Массель Л.В.; Медведев М.Ю.; Мельник Э.В.; Никитов С.А.; Обуховец В.А.; Панич А.Е.; Пшихопов В.Х.; Редько В.Г.; Румянцев К.Е.; Сергеев Н.Е.; Сидоркина И.Г.; Стемпковский А.Л.; Сухинов А.И.; Турулин И.И.; Тютиков В.В.; Угольницкий Г.А.; 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 28.12. 2024 г. Формат 70×108  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.

Офсетная печать. Усл. печ. л. – 25,6. Уч.-изд. л. – 17,9.

Заказ № 9823. 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, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I. АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

<b>С. Сингх, А.В. Прибыльский</b> КЛАССИФИКАЦИИ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ СЕТИ КОЛМОГорова-Арнольда.....	6
<b>В.В. Курейчик, Ю.В. Балясова, В.В. Бова</b> ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТРЕХМЕРНОЙ УПАКОВКИ ПРИ МОРСКИХ ГРУЗОПЕРЕВОЗКАХ.....	15
<b>Е.А. Назаров, М.Е. Даннлин, Е.Ю. Косенко</b> АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ПРИМЕНЕНИЕМ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ .....	29
<b>К.О. Обухов, И.Ю. Квятковская, А.В. Морозов</b> МЕТОД ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВА .....	42
<b>З.А. Понимаш, М.В. Потанин</b> МЕТОД И АЛГОРИТМ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИЗНАКОВ ИЗ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕЙ ТРАНСФОРМЕР .....	52
<b>Г.А. Хришкевич, Д.А. Андреев, Л.В. Мотайленко, Ю.В. Бруттан, О.Н. Тимофеева</b> МЕТОДИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ.....	65
<b>К.М. Занин</b> АЛГОРИТМ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ПРОФИЛИРОВАННОГО РЕФЛЕКТОРА ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ В ЗАДАЧАХ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	76
<b>Е.В. Лищенко, Э.В. Мельник, А.С. Матвиенко, А.Ю. Будко</b> МЕТОД ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ГЛОБАЛЬНОЙ ГЕОПРИВЯЗКИ.....	85

### РАЗДЕЛ II. АНАЛИЗ ДАННЫХ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

<b>В.В. Соловьев, А.Я. Номерчук, Р.К. Филатов</b> СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЕЛЬТА-РОБОТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	97
<b>А.А. Богнюков, Д.Ю. Зорькин, Е.Г. Шведов</b> СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ .....	113
<b>М.А. Георгиева, И.М. Першин</b> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА ГИДРОЛИТОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ.....	121
<b>Е.Р. Зяблова</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ НА ОСНОВЕ ГРАФОВЫХ ПОДХОДОВ .....	131
<b>Ю.А. Кораблёв</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ СХОДСТВА ОСТАВШЕГОСЯ ПОЛЕЗНОГО СРОКА СЛУЖБЫ .....	142
<b>А.С. Маннаа, Г.В. Муратова</b> РАЗРАБОТКА СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЯЖЕСТИ ОСТЕОАРТРИТА КОЛЕННОГО СУСТАВА.....	155

### РАЗДЕЛ III. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

<b>В.М. Глушань, Л.А. Попов, А.А. Целых</b> О РЕАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННОГО УМНОЖЕНИЯ МАТРИЦ БОЛЬШИХ РАЗМЕРНОСТЕЙ .....	164
<b>Б.К. Лебедев, О.Б. Лебедев, М.И. Бесхмельнов</b> ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГРУППОЙ АВТОНОМНЫХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ.....	177
<b>П.Г. Ермаков</b> ЗАДАЧА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА НЕОБОРУДОВАННОГО ВЕРТОДРОМА.....	191
<b>А.А. Хачатрян, Е.С. Брискин</b> ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМИ ПРИВОДАМИ РОБОТА ПРИ ЕГО ДВИЖЕНИИ ПО ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	201
<b>С.А. Смирнов, Н.Ю. Паротькин, В.В. Золотарев</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОЖНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ .....	209
<b>В.Г. Жуков, С.В. Селигеев</b> ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИМЕНОВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ УПРАВЛЕНИЯ УЯЗВИМОСТЯМИ .....	218
<b>А.А. Львов, Б.М. Кац, П.А. Львов, В.П. Мещанов, К.А. Саяпин</b> АНАЛИЗАТОРЫ СВЧ-ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ МНОГОЗОНДОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ. ОБЗОР МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ (ОБЗОР) .....	230

### РАЗДЕЛ IV. НАНОТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

<b>Б.Г. Коноплев</b> МОДЕЛЬ РЕКТЕННЫ НА ОСНОВЕ МОП-ТРАНЗИСТОРОВ ДЛЯ СОБИРАНИЯ СВЧ ЭНЕРГИИ ПРИ СВЕРХНИЗКИХ УРОВНЯХ МОЩНОСТИ .....	248
<b>М.М. Мигалин, В.А. Обуховец</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФОЛЬГИРОВАННЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ С ПОМОЩЬЮ ПЕЧАТНЫХ СТРУКТУР .....	257
<b>В.В. Бурлака, С.В. Гулаков, А.Ю. Головин, Д.С. Мироненко</b> СИСТЕМА БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ БАТАРЕИ БПЛА С ФУНКЦИЯМИ БАЛАНСИРОВКИ НАПРЯЖЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ .....	267
<b>Е.А. Лахина, Н.Е. Черненко, Н.А. Шандыба, С.В. Балакирев, М.С. Солодовник</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ОТЖИГА ПОДЛОЖКИ GAAS(111) НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАНОУГЛУБЛЕНИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ФОКУСИРОВАННЫМИ ИОННЫМИ ПУЧКАМИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ВРЕМЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	273
<b>А.В. Юдин, Ю.И. Юрасов, О.А. Беляк, П.С. Пляка, М.И. Толстунев</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМОЛ ДЛЯ DLP 3D ПЕЧАТИ С ДОБАВКАМИ ПОРОШКОВ $Al_2O_3$ И ЦТС-19 .....	280

# CONTENT

## SECTION I. INFORMATION PROCESSING ALGORITHMS

<b>S. Singh, A.V. Pribylskiy</b> ALGORITHM FOR CLASSIFICATION OF FIRE HAZARDOUS SITUATIONS BASED ON KOLMOGOROV-ARNOLD NETWORK .....	6
<b>V.V. Kureichik, Y.V. Balyasova, V.V. Bova</b> OVERVIEW AND ANALYSIS OF THREE-DIMENSIONAL PACKAGING FOR MARINE CARGO TRANSPORTATION .....	16
<b>E.A. Nazarov, M.E. Danilin, E.Y. Kosenko</b> ALGORITHM FOR CONSTRUCTING THE ROUTE OF A ROBOTIC COMPLEX USING THE FUZZY LOGIC METHOD .....	30
<b>K.O. Obukhov, I.Yu. Kvyatkovskaya, A.V. Morozov</b> METHOD OF GENETIC PROGRAMMING FOR SOLVING THE PROBLEM OF OPERATIONAL SCHEDULE PLANNING OF DISCRETE PRODUCTION .....	42
<b>Z.A. Ponimash M.V. Potanin</b> METHOD AND ALGORITHM FOR EXTRACTING FEATURES FROM DIGITAL SIGNALS BASED ON NEURAL NETWORKS TRANSFORMER .....	53
<b>G.A. Khrishkevich, D.A. Andreev, L.V. Motaylenko, I.V. Bruttan, O.N. Timofeeva</b> THE TECHNIQUE OF AUTOMATED IMAGE RESTORATION USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS .....	65
<b>K.M. Zanin</b> AN ALGORITHM FOR FORMING A PROFILED REFLECTOR OF A REFLECTOR ANTENNA IN PROBLEMS OF ELECTRODYNAMIC MODELING .....	77
<b>E.V. Lishchenko, E.V. Melnik, A. S. Matvienko, A.Yu. Budko</b> METHOD OF MOVING OBJECT POSITIONING WITHOUT USING GLOBAL GEO-REFERENCED DATA .....	86

## SECTION II. DATA ANALYSIS AND MODELING

<b>V.V. Soloviev, A.Y. Nomerchuk, R.K. Filatov</b> TRAJECTORY PLANNING SYSTEM FOR THE MOVEMENT OF A DELTA ROBOT FOR AGRICULTURAL PURPOSES .....	97
<b>A.A. Bognyukov, D.Yu. Zorkin, E.G. Shvedov</b> SYSTEM ANALYSIS AND MODELING OF QUEUE SYSTEMS .....	113
<b>M.A. Georgieva, I.M. Pershin</b> MATHEMATICAL MODELING OF THE INFLUENCE OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION ON HYDROLITHOSPHERIC PROCESSES .....	122
<b>E.R. Zyablova</b> MODELING OF SOCIAL INTERACTIONS BASED ON GRAPH APPROACHES .....	132
<b>J.A. Korablev</b> PREDICTION OF FAULTS IN TECHNICAL SYSTEMS BASED ON THE SIMILARITY MODEL OF THE REMAINING USEFUL LIFE .....	143
<b>A.S. Manna G.V. Muratova</b> DEVELOPMENT OF A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK TO ASSESS THE SEVERITY OF KNEE OSTEOARTHRITIS .....	156

## SECTION III. COMPUTING AND INFORMATION MANAGEMENT SYSTEMS

<b>V.M. Glushan, L.A. Popov, A.A. Tselykh</b> ABOUT THE REAL POSSIBILITIES OF MODERN COMPUTING SYSTEMS FOR DISTRIBUTED MULTIPLICATION OF LARGE-DIMENSIONAL MATRICES .....	164
<b>B.K. Lebedev, O.B. Lebedev, M.I. Beskhmel'nov</b> DECENTRALIZED CONTROL OF A GROUP OF AUTONOMOUS MOBILE OBJECTS WHEN FORMING A TRAJECTORY OF MOVEMENT .....	177

<b>P.G. Ermakov</b> PROBLEM OF MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION OF SELECTION OF AN UNPREPARED HELIDROM .....	191
<b>A.A. Khachatryan, E.S. Briskin</b> FEATURES OF CONTROL OF LINEAR DRIVES OF A ROBOT WHEN ITS MOVEMENT ON A VERTICAL SURFACE .....	201
<b>S.A. Smirnov, N.Yu. Parotkin, V.V. Zolotarev</b> AUTOMATION OF THE USE OF FALSE COMPONENTS IN THE INFORMATION SYSTEM.....	210
<b>V.G. Zhukov, S.V. Seligeev</b> STATE REGULATION OF NAMING AND SOFTWARE IDENTIFICATION IN VULNERABILITY MANAGEMENT PROCESSES .....	219
<b>A.A. L'vov, B.M. Kats, P.A. L'vov, V.P. Meschanov, K.A. Sayapin</b> MICROWAVE CIRCUIT ANALYZERS ON A MULTI-PROBE MEASURING LINE. REVIEW OF SIGNAL PROCESSING METHODS, PROBLEMS AND PROSPECTS (REVIEW).....	230

#### **SECTION IV. NANOTECHNOLOGY, ELECTRONICS AND RADIO ENGINEERING**

<b>B.G. Konoplev</b> A RECTENNA MODEL BASED ON MOSFETS FOR MICROWAVE ENERGY HARVESTING AT ULTRA-LOW POWER LEVELS .....	248
<b>M.M. Migalin, V.A. Obukhovets</b> PCB SUBSTRATES CHARACTERISATION USING PRINTED STRUCTURES .....	257
<b>V.V. Burlaka, S.V. Gulakov, A.Y. Golovin, D.S. Mironenko</b> WIRELESS UAV CHARGING SYSTEM WITH BATTERY BALANCING FUNCTIONALITY.....	267
<b>E.A. Lakhina, N.E. Chernenko, N.A. Shandyba, S.V. Balakirev, M.S. Solodovnik</b> INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF ANNEALING MODES OF THE GAAS(111) SURFACE ON THE CHARACTERISTICS OF NANOHOLE FORMED BY FOCUSED ION BEAMS AT VARIOUS EXPOSURE TIMES.....	274
<b>A.V. Yudin, Yu.I. Yurasov, O.A. Belyak, P.S. Plyaka, M.I. Tolstunov</b> TECHNOLOGICAL AND DIELECTRIC PROPERTIES OF RESINS FOR DLP 3D PRINTING WITH ADDITIVES OF AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> AND CTS-19 POWDERS .....	280