



№2-2023

ISSN 1999-9429

# ИЗВЕСТИЯ ЮФУ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Системы управления и моделирование
- Электроника, нанотехнологии и приборостроение
- Алгоритмы обработки информации

# 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 связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций*

*Научно-технический и прикладной журнал*

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

*Подписной индекс 41970*

*№ 2 (232). 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.

**Ответственные за выпуск:** Клевцов С.И., Самойлов А.Н.

**Технический редактор** Ярошевич Н.В.

**Оригинал-макет выполнен** Ярошевич Н.В.

Дата выхода в свет 29.05. 2023 г. Формат 70×108  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.

Офсетная печать. Усл. печ. л. – 26,2. Уч.-изд. л. – 19,7.

Заказ № . 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

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

<b>В.Г. Галалу, С.А. Киракосян, Аль-Карави Хуссейн Шукор Мукер, И.И. Турулли</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ УСРЕДНЕНИЙ ДЛЯ ФИЛЬТРАЦИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ .....	6
<b>Б.К. Лебедев, О.Б. Лебедев, М.А. Ганжур</b> ОПТИМИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ МОДЕЛЕЙ АДАПТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ РОЯ АГЕНТОВ .....	18
<b>Б.А. Ашабоков, В.Н. Лесев, Г.В. Куповых, В.А. Шаповалов, М.А. Шериева</b> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЭРОЗОЛЬНОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ МАКРО- И МИКРОСТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНВЕКТИВНЫХ ОБЛАКОВ.....	31
<b>Е.В. Павлов, А.Ю. Баранник, А.В. Лагутина, В.И. Ершов</b> ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА МНОГОРЕЖИМНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ В ЧС .....	42
<b>А.М. Грузликов</b> ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ И ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОРТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ .....	53
<b>С.Е. Кондаков, К.С. Чудин, М.В. Большев</b> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ КАДРОВОГО ОРГАНА ПРЕДПРИЯТИЯ ОПК .....	67
<b>Ю.А. Брюхомицкий</b> ИММУНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КЛАВИАТУРНОГО МОНИТОРИНГА ОПЕРАТОРОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	80
<b>В.А. Деркачев, В.В. Бахчевников, А.Н. Бакуменко</b> КЛАССИФИКАТОР БПЛА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА.....	90
<b>Б.А. Ашабоков, Л.М. Федченко, Г.В. Куповых, А.А. Ташилова, М.Б. Ашабокова</b> МЕТОД СНИЖЕНИЯ РИСКОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ ВСЛЕДСТВИЕ ГРАДОБИТИЙ .....	100

### РАЗДЕЛ II. ЭЛЕКТРОНИКА, НАНОТЕХНОЛОГИИ И ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

<b>С.П. Малоков, В.Д. Мишнев</b> ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ СПАЯ САПФИР – СТЕКЛОВИДНЫЙ ДИЭЛЕКТРИК – КЕРАМИКА .....	111
<b>И.А. Алферова, Д.Д. Габриэлян, Б.Х. Кульбикаян, О.А. Сафарьян, Л.Н. Стажарова</b> ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТНОГО ШУМА В КАНАЛЕ СВЯЗИ НА ВЕРОЯТНОСТЬ БИТОВОЙ ОШИБКИ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ КАМ СИГНАЛОВ .....	119
<b>П.Г. Грицаенко</b> ИНЖЕКЦИОННО-ПОЛЕВАЯ СТРУКТУРА, ВЫПОЛНЕННАЯ ДВОЙНОЙ ДИФФУЗИЕЙ ПРИМЕСЕЙ.....	128
<b>И.В. Пискулли</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ МОДЕЛЕЙ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ РТК ВН В РЕЖИМЕ АВТОНОМНОГО НАВЕДЕНИЯ .....	137

<b>Н.Н. Прокопенко, Д.В. Клейменкин, М.А. Сергеенко</b> СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ «ПЕРЕГНУТОГО» КАСКОДА .....	148
<b>В.В. Бахчевников, В.А. Деркачев, А.Н. Бакуменко</b> РЕАЛИЗАЦИЯ СОГЛАСОВАННОГО ФИЛЬТРА В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ НА ПЛИС .....	156
<b>И.В. Мальшев, Н.В. Паршина, А.А. Охотникова</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРТОГОНАЛЬНЫХ СИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЧАСТОТНО- ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОДИННОГО ТИПА .....	165
<b>РАЗДЕЛ III. АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ</b>	
<b>Х.С. Аламир, Е.В. Заргарян, Ю.А. Заргарян</b> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗАТОРОВ НА ДОРОГАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛИРУЕМОГО АЛГОРИТМА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ НА БАЗЕ АДАПТИВНОГО IOTN .....	175
<b>С.И. Родзин А.В. Боженюк, Ю.А. Кравченко, О.Н. Родзина</b> МЕТОДЫ НЕЧЕТКОГО МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ГРУППОВОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ЭВАКУАЦИИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ .....	186
<b>Е.М. Герасименко, Д.Ю. Кравченко, Ю.А. Кравченко, Э.В. Кулиев</b> ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО МЕТОДА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ .....	201
<b>Ф.С. Бульга, В.М. Курейчик</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЕКТОРИЗАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ДАННЫХ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ .....	212
<b>Р.М. Ауси, Е.В. Заргарян, Ю.А. Заргарян</b> ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ МЕТОДАМ ЗАЩИТЫ ОТ АТАК .....	227
<b>П.А. Воронин, А.М. Белевцев, С.С. Александрова</b> РАЗРАБОТКА ОБЩЕГО АЛГОРИТМА И СТРУКТУРЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРЕДПРИЯТИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ПРОФИЛЯ .....	240
<b>В.В. Альчаков, В.А. Крамарь</b> ОЦЕНКА МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕЗОННЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ .....	250
<b>А.Д. Ульев, Ю.А. Орлова, В.Л. Розалиев, А.Р. Донская</b> МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СЛЕЖЕНИЯ ЗА ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ СОТРУДНИКОВ И ПОКУПАТЕЛЕЙ ПО ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЮ .....	263
<b>Х.Б. Штанчаев</b> НЕСТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ ИЗ ТЕКСТА .....	273
<b>С.И. Родзин</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ БИОЭВРИСТИК: КЛАССИФИКАЦИЯ, БЕНЧМАРКИНГ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ .....	280

## CONTENT

### SECTION I. CONTROL SYSTEMS AND MODELING

<b>V.G. Galalu, S.A. Kirkosyan, Al-Karawi Hussein Sh. Mogheer, I.L. Turulin</b> COMPARATIVE EVALUATION OF AVERAGING METHODS FOR FILTERING MEASUREMENT SIGNALS.....	6
<b>B.K. Lebedev, O.B. Lebedev, M.A. Ganzhur</b> OPTIMIZATION BASED ON COMBINING MODELS OF ADAPTIVE BEHAVIOR OF A SWARM OF AGENTS.....	18
<b>B.A. Ashabokov, V.N. Lesev, G.V. Kupovyh, V.A. Shapovalov, M.A. Sherieva</b> NUMERICAL MODELING OF THE INFLUENCE OF THE AEROSOL COMPOSITION OF THE ATMOSPHERE ON THE FORMATION OF MACRO- AND MICROSTRUCTURAL CHARACTERISTICS OF CONVECTIVE CLOUDS.....	31
<b>E.V. Pavlov, A.Yu. Barannik, A.V. Lagutina, V.I. Ershov</b> TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF APPLICATION OF ROBOTIC COMPLEX OF MULTI-MODE FIRE EXTINGUISHING IN EMERGENCIES.....	42
<b>A.M. Gruzlikov</b> CONTROL OF COMPUTING AND DIAGNOSTICS OF SOFTWARE FOR ON-BOARD COMPUTERS OF ROBOTIC COMPLEXES.....	54
<b>S.E. Kondakov, C.S. Chudin, M.V. Bolichev</b> MATHEMATICAL MODEL OF EMERGENCY SAFETY OPK.....	67
<b>Yu.A. Bryuhomitsky</b> IMMUNOLOGICAL MODEL OF KEYBOARD MONITORING OF INFORMATION SYSTEM OPERATORS.....	81
<b>V.A. Derkachev, V.V. Bakhchevnikov, A.N. Bakumenko</b> MULTI-ROTOR UAV CLASSIFIER.....	90
<b>B.A. Ashabokov, L.M. Fedchenko, G.V. Kupovykh, A.A. Tashilova, M.B. Ashabokova</b> METHOD FOR REDUCING RISKS IN AGRICULTURE DUE TO HAILSTORMINGS.....	100

### SECTION II. ELECTRONICS, NANOTECHNOLOGY AND INSTRUMENTATION

<b>S.P. Malyukov, V.D. Mishnev</b> MANUFACTURING TECHNOLOGY OF PRESSURE SENSOR'S SENSITIVE ELEMENTS BASED ON "SAPPHIRE – VITERIOUS DIELECTRIC – CERAMIC" JUNCTION.....	111
<b>I.A. Alferova, D.D. Gabrielyan, B.H. Kulbikayan, O.A. Safaryan, L.N. Stazharova</b> INFLUENCE OF FREQUENCY NOISE IN A COMMUNICATION CHANNEL ON THE PROBABILITY OF A BIT ERROR DURING TRANSMISSION OF SIGNALS.....	120
<b>P.G. Gritsaenko</b> INJECTION-FIELD STRUCTURE MADE BY DOUBLE DIFFUSION OF IMPURITIES.....	129
<b>I.V. Pislulin</b> INVESTIGATION OF THE ACCURACY OF MODELS OF THE TRACKING SYSTEM OF THE RTK VN MOTION CONTROL IN THE AUTONOMOUS GUIDANCE MODE.....	138

<b>N.N. Prokopenko, D.V. Kleimenkin, M.A. Sergeenko</b> CIRCUITRY METHODS FOR INCREASING THE SPEED OF OPERATIONAL AMPLIFIERS BASED ON A "FOLDED" CASCODE.....	149
<b>V.V. Bakhchevnikov, V.A. Derkachev, A.N. Bakumenko</b> IMPLEMENTATION OF A MATCHED FILTER IN THE FREQUENCY DOMAIN ON FPGA.....	157
<b>I.V. Malyshev, N.V. Parshina, A.A. Okhotnikova</b> APPLICATION OF ORTHOGONAL ORIENTED STRONG ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS TO CREATE FREQUENCY-CONVERTING DEVICES OF AUTODYNE TYPE .....	166
<b>SECTION III. INFORMATION PROCESSING ALGORITHMS</b>	
<b>H.S. Alamir, E.V. Zargaryan, Yu.A. Zargaryan</b> INTELLIGENT TRAFFIC CONGESTION CONTROL SYSTEM USING A CONTROLLED MACHINE LEARNING ALGORITHM ON ADAPTIVE IOTN ...	175
<b>S.I. Rodzin, A.V. Bozhenyuk, Y.A. Kravchenko, O.N. Rodzina</b> METHODS OF FUZZY MULTICRITERIA GROUP DECISION-MAKING FOR EVACUATION TASKS IN EMERGENCY SITUATIONS .....	187
<b>E.M. Gerasimenko, D.Yu. Kravchenko, Yu.A. Kravchenko, E.V. Kuliev</b> DECISION SUPPORT FOR PREVENTION AND ELIMINATION OF THE EMERGENCIES' CONSEQUENCES BASED ON THE INFORMATION STRUCTURING FUZZY METHOD .....	201
<b>F.S. Bulyga, V.M. Kureichik</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF VECTORIZATION OF HIGH DIMENSIONAL TEXT DATA .....	213
<b>R.M. Ausi, E.V. Zargaryan, Yu.A. Zargaryan</b> DEEP TRAINING IN METHODS OF PROTECTION AGAINST ATTACKS .....	227
<b>P.A. Voronin, A.M. Belevtsev, S.S. Aleksandrova</b> DEVELOPMENT OF A GENERAL ALGORITHM AND STRUCTURE OF AUTOMATED SYSTEM OF INFORMATION SUPPORT FOR A RADAR PROFILE ENTERPRISE .....	240
<b>V.V. Alchakov, V.A. Kramar</b> THE MACHINE LEARNING TECHNIQUE FOR FORECASTING THE SEASONAL TIME SERIES .....	251
<b>A.D. Ulyev, Yu.A. Orlova, V.L. Rozaliev, A.R. Donskaia</b> METHODS AND MEANS OF TRACKING THE MOVEMENT AND INTERACTION OF EMPLOYEES AND CUSTOMERS BY VIDEO IMAGE ...	264
<b>Kh.B. Shtanchaev</b> NON-STATISTICAL METHODS OF AUTOMATIC EXTRACTION OF CAUSAL RELATIONSHIPS FROM THE TEXT .....	273
<b>S.I. Rodzin</b> CURRENT STATE OF BIO HEURISTICS: CLASSIFICATION, BENCHMARKING, APPLICATION AREAS.....	281