



№1-2024

ISSN 1999-9429

# ИЗВЕСТИЯ ЮФУ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Перспективы применения робототехнических комплексов
- Системы управления и моделирования
- Связь, навигация и наведение
- Техническое зрение

# 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

№ 1 (237). 2024 г.

Тематический выпуск

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ И ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ

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.; 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* Косенко Е.Ю.

*Технический редактор* Ярошевич Н.В.

*Оригинал-макет выполнен* Ярошевич Н.В.

Дата выхода в свет 12.04. 2024 г. Формат 70×108  $\frac{1}{16}$ . Бумага офсетная.

Офсетная печать. Усл. печ. л. – 26,3. Уч.-изд. л. – 21,7.

Заказ № 9479. 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, <http://izv-tn.tti.sfedu.ru/>.

16+

Цена свободная

ISSN 1999-9429 (Print)

ISSN 2311-3103 (Online)

© Южный федеральный университет, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ I. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

<b>Л.А. Мартынова, М.Б. Розенгауз</b> МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПУТИ ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЯ АВТОНОМНЫМ НЕОБИТАЕМЫМ ПОДВОДНЫМ АППАРАТОМ .....	6
<b>П.П. Чернусь, П.П. Чернусь, А.А. Яковлев, Р.В. Сахабудинов, А.С. Голосий</b> ОБОСНОВАНИЕ ОБЛИКА ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОДЪЕМ ПОДВОДНОГО ГРУЗА .....	18
<b>В.К. Абросимов, С.М. Лапин</b> ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕОРИИ СХОДСТВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ СКОПЛЕНИЙ ОБЪЕКТОВ ИНТЕРЕСА НА МЕСТНОСТИ .....	29
<b>Д.Н. Гонтарь, В.В. Соловьев, Р.Ю. Джаныбеков, А.В. Палеев, В.В. Семак</b> АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ БОЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНО-УДАРНОГО РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ .....	43
<b>Б.С. Лапин, И.Л. Ермолов, О.П. Гойдин, С.А. Соболевников</b> ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ОПОРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ГРУППЫ НАЗЕМНЫХ РОБОТОВ ....	57
<b>Е.В. Павлов, В.И. Ершов, А.Ю. Баранник, А.В. Лагутина</b> ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ И ДРУГИХ НЕОТЛОЖНЫХ РАБОТ .....	68
<b>Б.В. Румянцев, С.В. Прокопчина, А.А. Кочкаров</b> АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ .....	77
<b>Л.А. Рыбак, А.А. Волошкин, В.С. Перевузник, Д.И. Мальшев</b> ОПТИМАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ МЕХАНОТЕРАПИИ НА БАЗЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ .....	88
<b>И.Е. Селезнева</b> ЭКОНОМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ И МЕХАНИЗМЫ ИХ ПРЕОДОЛЕНИЯ .....	101
<b>З.В. Нагоев, К.Ч. Бжихатлов, О.З. Загазежева</b> НЕЙРОКОГНИТИВНЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ФЕДЕРАТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ В РЕАЛЬНОЙ КОММУНИКАТИВНОЙ СРЕДЕ .....	111

### РАЗДЕЛ II. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ

<b>А.Р. Гайдук, В.Х. Пшихопов, М.Ю. Медведев, В.Г. Гисцов</b> НЕПРЕРЫВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫМИ НЕАФФИННЫМИ ОБЪЕКТАМИ .....	122
<b>Р.Ф. Файзуллин, Е.А. Магид</b> ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОКРЫТИЯ ТЕРРИТОРИИ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ПОДДЕРЖКЕ НАЗЕМНОЙ МОБИЛЬНОЙ ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ: ФОРМИРОВАНИЕ ХРОМОСОМЫ .....	134

<b>А.П. Зыков, П.Н. Миронов</b> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ НАВИГАЦИОННЫХ ДАННЫХ РТК.....	142
<b>Д.В. Котов, О.Б. Лебедев</b> УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДВИЖЕНИЕМ ГРУППЫ БПЛА С СОБЛЮДЕНИЕМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ СТРОЯ НА ОСНОВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ КОЛЛЕКТИВНОЙ АДАПТАЦИИ.....	155
<b>И.В. Образцов, М.Г. Пантелеев</b> ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОРАБЛЕЙ ВМФ.....	167
<b>Ф.А. Хуссейн, В.А. Костюков, И.Д. Евдокимов</b> МЕТОД РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ МУЛЬТИ-КОММИВОЯЖЁРА В СРЕДЕ БЕЗ ПРЕПЯТСТВИЙ НА ОСНОВЕ УМЕНЬШЕНИЯ РАЗМЕРА ПРОСТРАНСТВА РЕШЕНИЙ.....	181

### РАЗДЕЛ III. СВЯЗЬ, НАВИГАЦИЯ И НАВЕДЕНИЕ

<b>Е.А. Бабушкин, Р.В. Калашников, А.М. Лаврентьев</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕНСАЦИИ ПОМЕХ С КОМПЕНСАЦИОННЫМИ КАНАЛАМИ, ИНТЕГРОВАННЫМИ В ФАЗИРОВАННУЮ АНТЕННУЮ РЕШЕТКУ ПРОХОДНОГО ТИПА .....	193
<b>К.Г. Кебкэл, А.А. Кабанов, В.В. Альчаков, В.А. Крамарь, М.Э. Димин</b> ПРОГРАММНЫЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ МОРСКОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ .....	202
<b>Ю.С. Баричев, О.П. Гойдин, В.П. Носков, С.А. Собольников</b> ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-НАВИГАЦИОННОГО ПОЛЯ РОБОТОВ ВОЗДУШНОГО И НАЗЕМНОГО БАЗИРОВАНИЯ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ .....	213
<b>П.А. Гессен, А.И. Лизин, В.А. Павлова, В.Д. Саенко, В.А. Тупиков</b> ГИБРИДНЫЙ АЛГОРИТМ АВТОМАТИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ДЛЯ ВСТРАИВАЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ НАВИГАЦИИ И НАВЕДЕНИЯ .....	225
<b>А.Е. Морозов, Н.Д. Богданов</b> АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ МАСС АКСЕЛЕРОМЕТРОВ В АЛГОРИТМАХ БЕСПЛАТФОРМЕННЫХ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	234

### РАЗДЕЛ IV. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗРЕНИЕ

<b>А.Е. Архипов, И.С. Фомин, В.Д. Матвеев</b> КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ СЕГМЕНТАЦИИ, СОПРОВОЖДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВИДЕОАНАЛИТИКИ.....	247
<b>Н.А. Бочаров, И.Н. Бычков, П.В. Коренев, Н.Б. Парамонов</b> ЖИВУЧЕСТЬ БОРТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НАЗЕМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ .....	257
<b>В.В. Ковалев, Н.Е. Сергеев</b> РАСПИРЕНИЕ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА В ЗАДАЧЕ ПОИСКА И РАСПОЗНАВАНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ....	267
<b>К.И. Морев, П.А. Лелерер</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ НАБЛЮДАЕМОЙ СЦЕНЫ ИЗ СЕРИИ СНИМКОВ ДВИЖУЩЕЙСЯ КАМЕРЫ .....	276
<b>С.М. Соколов</b> АНАЛИЗ СЦЕНЫ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПОДВИЖНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.....	285

## CONTENT

### SECTION I. PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF ROBOTIC COMPLEXES

<b>L.A. Martynova, M.B. Rosengauz</b> METHOD FOR DETERMINING THE SPATIAL PATH OF AVOIDING AN OBSTACLE BY AN AUTONOMOUS UNINHABITED UNDERWATER VEHICLE .....	7
<b>P.P. Chernus, P.P. Chernus, A.A. Yakovlev, R.V. Sakhabudinov, A.S. Golosiy</b> JUSTIFICATION FOR IMAGE OF EQUIPMENT FOR UNDERWATER CARGOES .....	19
<b>V.K. Abrosimov, S.M. Lapin</b> ON THE USE OF SIMILARITY THEORY TO ASSESS THE DYNAMICS OF CLUSTERS OF SUBJECTS OF INTEREST ON THE GROUND .....	29
<b>D.N. Gontar, V.V. Soloviev, R.Yu. Dzhanybekov, A.V. Paleev, V.V. Semak</b> ALGORITHM FOR ASSESSING THE COMBAT EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION OF A RECONNAISSANCE-STRIKE ROBOTIC COMPLEX FOR MILITARY PURPOSES .....	44
<b>B.S. Lapin, I.L. Ermolov, O.P. Goydin, S.A. Sobolnikov</b> BUILDING A MAP OF REFERENCE SURFACES TO SOLVE THE PROBLEM OF PLANNING THE MOVEMENT OF A GROUP OF GROUND ROBOTS .....	57
<b>E.V. Pavlov, V.I. Ershov, A.Y. Barannik, A.V. Lagutina</b> APPROACH TO JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF A ROBOTIC COMPLEX FOR CARRYING OUT EMERGENCY RESCUE AND OTHER EMERGENCY OPERATIONS .....	69
<b>B.V. Rumiantsev, S.V. Prokopchina, A.A. Kochkarov</b> ALGORITHM FOR THE CONSTRUCTION OF THE TRAJECTORY OF UNMANNED VEHICLES FOR MONITORING THE CONDITION OF AGRICULTURAL FIELDS .....	78
<b>L.A. Rybak, A.A. Voloshkin, V.S. Perevuznik, D.I. Malyshev</b> OPTIMAL SYNTHESIS OF THE STRUCTURE AND PARAMETERS OF A ROBOTIC SYSTEM FOR REGENERATIVE MECHANOTHERAPY BASED ON PARALLEL MECHANISMS .....	89
<b>I.E. Selezneva</b> ECONOMIC BARRIERS TO THE INTRODUCTION OF AIRCRAFT CONTROL AUTOMATION TECHNOLOGIES AND MECHANISMS TO OVERCOME THEM .....	101
<b>Z.V. Nagoev, K.Ch. Bzhikhatlov, O.Z. Zagazezheva</b> NEUROCOGNITIVE METHODS AND ALGORITHMS OF FEDERATED LEARNING OF INTELLIGENT INTEGRATED INFORMATION MANAGEMENT SYSTEMS IN A REAL COMMUNICATIVE ENVIRONMENT .....	111

### SECTION II. CONTROL AND SIMULATION SYSTEMS

<b>A.R. Gaiduk, V.Kh. Pshikhopov, M.Yu. Medvedev, V.G. Giscov</b> CONTINUOUS CONTROL OF NONLINEAR NON-AFFINE OBJECTS .....	122
<b>R.F. Faizullin, E.A. Magid</b> APPLICATION OF A GENETIC ALGORITHM TO THE AREA COVERAGE PROBLEM WITH A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES SUPPORTED BY A GROUND MOBILE CHARGING STATION: A CHROMOSOME FORMATION .....	134

<b>A.P. Zykov, P.N. Mironov</b> MATHEMATICAL METHODS OF COMPLEX PROCESSING OF RTC NAVIGATION DATA .....	142
<b>D.V. Kotov, O.B. Lebedev</b> CONTROLLING THE MOVEMENT OF A GROUP OF UAVS IN COMPLIANCE WITH THE GEOMETRIC STRUCTURE OF THE FORMATION BASED ON ALTERNATIVE COLLECTIVE ADAPTATION.....	155
<b>I.V. Obratsov, M.G. Panteleev</b> SUBSTANTIATION AND DEVELOPMENT OF AN INTELLECTUAL DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE TASKS OF ENSURING FIRE SAFETY OF NAVY SHIPS.....	168
<b>F.A. Houssein, V.A. Kostyukov, I. D. Evdokimov</b> A METHOD FOR SOLVING THE MULTI-TRAVELING SALESMAN PROBLEM IN AN ENVIRONMENT WITHOUT OBSTACLES BASED ON REDUCING THE SIZE OF THE SOLUTION SPACE .....	181

### SECTION III. COMMUNICATION, NAVIGATION AND GUIDANCE

<b>E.A. Babushkin, R.V. Kalashnikov, A.M. Lavrentiev</b> ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE AUTOMATIC INTERFERENCE COMPENSATION SUBSYSTEM WITH COMPENSATION CHANNELS INTEGRATED INTO A PASS-TYPE PHASED ARRAY ANTENNA .....	193
<b>K.G. Kebkal, A.A. Kabanov, V.V. Alchakov, V.A. Kramar, M.E. Dimin</b> THE SOFTWARE APPROACHES FOR SOLVING HYDROACOUSTIC COMMUNICATION PROBLEMS IN MARINE INTERNET OF THINGS SYSTEMS .....	203
<b>Yu.S. Barichev, O.P. Goydin, V.P. Noskov, S.A. Sobolnikov</b> THE INFORMATION AND NAVIGATION FIELD CONSTRUCTING SYSTEM FOR UGV AND UAV IN AN URBAN ENVIRONMENT .....	214
<b>P.A. Gessen, A.I. Lizin, V.A. Pavlova, V.D. Saenko, V.A. Tupikov</b> HYBRID ALGORITHM OF AUTOMATIC TRACKING FOR EMBEDDED COMPUTERS OF OPTOELECTRONIC NAVIGATION AND GUIDANCE SYSTEMS.....	226
<b>A.E. Morozov, N.D. Bogdanov</b> ANALYSIS OF THE RELATIVE PLACEMENT OF THE SENSITIVE MASSES OF ACCELEROMETERS IN ALGORITHMS FOR STRAPDOWN INERTIAL NAVIGATION SYSTEMS.....	234

### SECTION IV. TECHNICAL VISION

<b>A.E. Arkhipov, I.S. Fomin, V.D. Matveev</b> INTEGRATION OF SEGMENTATION, TRACKING AND CLASSIFICATION MODELS TO SOLVE VIDEO ANALYTICS PROBLEMS.....	247
<b>N.A. Bocharov, I.N. Bychkov, P.V. Korenev, N.B. Paramonov</b> SURVIVABILITY OF ONBOARD COMPUTERS OF GROUND ROBOTS .....	258
<b>V.V. Kovalev, N.E. Sergeev</b> EXPANSION OF THE FEATURE SPACE IN THE TASK OF SMALL OBJECT DETECTION IN IMAGES .....	268
<b>K.I. Morev, P.A. Lederer</b> EXPERIMENTAL ESTIMATION OF ERRORS IN RECONSTRUCTING THE STRUCTURE OF THE OBSERVED SCENE FROM A SERIES OF IMAGES BY VARIOUS CAMERAS .....	277
<b>S.M. Sokolov</b> SCENE ANALYSIS IN MOBILE INFORMATION SYSTEMS ROBOTIC COMPLEXES.....	286