

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

№2(30)
2025

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Севастопольский государственный университет»

Выходит 4 раза в год

ISSN 2658-4727

**АВТОМАТИЗАЦИЯ И
ИЗМЕРЕНИЯ В МАШИНО-
ПРИБОРОСТРОЕНИИ**
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Севастополь, 2025

Главный редактор
Филипович О.В., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Заместитель главного
редактора
Балакин А.И., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Научный редактор
Бохонский А.И., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)

Редакционная коллегия
Вартанов М.В., д.т.н., проф.
(г. Москва)
Греков Н.А., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Доронина Ю.В., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Жмудь В.А., д.т.н., доц.,
(г. Новосибирск)
Краснодубец Л.А., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Моисеев Д.В., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Обжерин Ю.Е., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Осипов К.Н., д.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Песчанский А.И., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Петрешин Д.И., д.т.н., проф.
(г. Брянск)
Прейс В.В., д.т.н., проф.
(г. Тула)
Щенятский А.В., д.т.н., проф.
(г. Севастополь)
Заморёнов М.В., к.т.н., доц
(г. Севастополь)
Майстришин М.М., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)
Рапацкий Ю.Л., к.т.н., доц.
(г. Севастополь)

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

- Чаленков Н.И., Невар Г.В., Барановский Ю.А.** Решение обратной задачи динамики при совместной реализации кода на Python и программы MATLAB/SIMULINK для манипулятора типа SCARA 4
- Крамарь В.А., Дементьев К.В., Якунин Р.Д., Крамарь О.А., Троицкая А.А.** Синтез программного оптимального закона управления линейными нестационарными непрерывно-дискретными системами управления 12
- Никитин Ю.Р., Зубкова Ю.В., Зубков Д.Б.** Планирование пути мобильного робота с учетом препятствий 25

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

- Карлусов В.Ю., Кудрявченко И.В.** Вероятностные оценки мобильности роевых элементов на основе модели дискретной плоскости с неоднородностями 35
- Филипович О.В.** Методы моделирования процессов однопараметрической многоэлементной селективной сборки 44
- Никишин В.В., Багаев А.В.** Модель эхолота и гидролокатора бокового обзора в составе имитационного тренажерного комплекса для прибрежных морских исследований 51
- Абибуллаев Э.А., Крамарь В.А.** Разработка гибридной CNN-GAN системы для диагностики редких онкологических заболеваний на основе ограниченных наборов КТ/МРТ-снимков 61
- Бохонский А.И.** Аналитическая механика в моделировании управляемого движения объектов 70
- Заморёнов М.В., Чаленков Н.И., Шевченко В.И., Машенко Е.Н., Заморенов И.М.** Верификация модели функционирования технической системы с учетом отказов и резерва энергетической подсистемы 80
- Варминская Н.И.** Использование при моделировании управления принципа действия для поиска форм движения 87

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ

- Зуев С.М., Здрюев Г.Е.** Методы семантической сегментации и классификации данных лидара с использованием машинного обучения 98
- Филипович О.В., Камцев В.А., Балакина Н.А., Балакин А.И.** Анализ распределений случайных составляющих погрешностей статистическими методами при измерениях размеров деталей 112

Подписной индекс научного журнала 85768 по интернет-каталогу «Пресса России».

Научный журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим научным специальностям:

- 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ производствами (технические науки);
- 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды производствами (технические науки);
- 2.3.3 Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Учредитель и издатель: ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет» ул. Университетская, 33. Севастополь, 299053.

Editor-in-Chief

Filipovich O.V., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Deputy Editor-in-Chief

Balakin A.I., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Scientific Editor

Bokhonsky A.I., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Editorial Board

Vartanov M.V., doctor of technical sciences, professor (Moscow)

Grekov N.A., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Doronina Yu.V., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Zhmud V.A., doctor of technical sciences, docent (Novosibirsk)

Krasnodubets L.A., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Moiseev D.V., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Obzherin Yu.E., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Osipov K.N., doctor of technical sciences, docent (Sevastopol)

Peschanskiy A.I., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Petreshin D.I., doctor of technical sciences, professor (Bryansk)

Preis V.V., doctor of technical sciences, professor (Tula)

Schenyatsky A.V., doctor of technical sciences, professor (Sevastopol)

Zamoryonov M.V., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Maystrishin M.M., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

Rapatsky Yu.L., candidate of technical sciences, docent (Sevastopol)

CONTENTS

AUTOMATION AND CONTROL OF PROCESSES AND PRODUCTIONS

- Chalenkov N.I., Nevar G.V., Baranovsky Y.A., Malitskaya A.A.** Solution of the inverse problem of dynamics in the joint implementation of Python code and MATLAB/SIMULINK programme for the manipulator SCARA type 4
- Kramar V.A., Dementiev K.V., Yakunin R.D., Kramar O.A., Troitskaya A.A.** Synthesis of a software optimal control law for linear time-varying continuous-discrete control systems 12
- Nikitin Yu.R., Zubkova Yu.V., Zubkov D.B.** Path planning of a mobile robot considering obstacles 25

MATHEMATICAL MODELLING, NUMERICAL METHODS AND SOFTWARE PACKAGES

- Karlusov V.Yu., Kudryavchenko I.V.** Probabilistic estimates of the mobility of swarm elements based on the model of a discrete plane with heterogeneities 35
- Filipovich O.V.** Methods of modeling of single-parameter multi-element selective assembly processes 44
- Nikishin V.V., Bagaev A.V.** A model of echo sounder and side-scan sonar as a part of a maritime simulation for coastal marine research 51
- Abibulaev E.A., Kramar V.A.** Development of a hybrid CNN-GAN system for diagnostics of rare oncological diseases based on limited sets of CT/MRI images 61
- Bokhonsky A.I.** Analytical mechanics in objects controlled motion modelling 70
- Zamoryonov M.V., Chalenkov N.I., Shevchenko V.I., Maschenko E.N., Zamoryonov I.M.** Verification of a technical system operation model considering failures and power subsystem redundancy 80
- Varminskaya N.I.** Action principle using in control modeling to motion forms' search 87

MEASURING INSTRUMENTS AND METHODS

- Zuev S.M., Zdruyev G.E.** Methods of semantic segmentation and classification of lidar data using machine learning 98
- Filipovich O.V., Kamtsev V.A., Balakina N.A., Balakin A.I.** Analysis of distributions of random error components using statistical methods for part dimensions measurements 112

Subscription index of the scientific journal is 85768 according to the Internet catalogue "Press of Russia".

The scientific journal is included in the "List of peer-reviewed scientific editions, in which the main results of dissertations for the degree of Candidate of sciences, for the degree of Doctor of sciences should be published", approved by the Higher Attestation Commission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, in the following scientific specialties:

1.2.2. Mathematical modeling, numerical methods and software packages

2.2.8. Methods and devices for monitoring and diagnostics of materials, products, substances and the natural environment

2.3.3. Automation and control of technological processes and productions

Founder and publisher: FSAEI HE «Sevastopol State University» ul. Universitetskaya, 33. Sevastopol, 299053.

© FSAEI HE «Sevastopol State University»

© Authors of the articles

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДИНАМИКИ ПРИ СОВМЕСТНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ КОДА НА PYTHON И ПРОГРАММЫ MATLAB/SIMULINK ДЛЯ МАНИПУЛЯТОРА ТИПА SCARA

Чаленков Н.И.¹, Невар Г.В.², Барановский Ю.А.³, Малицкая А.А.⁴

SOLUTION OF THE INVERSE PROBLEM OF DYNAMICS IN THE JOINT IMPLEMENTATION OF PYTHON CODE AND MATLAB/SIMULINK PROGRAMME FOR THE MANIPULATOR SCARA TYPE

Chalencov N.I.¹, Nevar G.V.², Baranovsky Y.A.³, Malitskaya A.A.⁴

Аннотация. Рассматривается решение обратной задачи динамики двухзвенного манипулятора типа SCARA путём реализации кода для определения углов поворота звеньев по заданной траектории на языке python и обработки полученных значений в среде MATLAB/SIMULINK при использовании библиотеки моделирования физических систем Simscape. Приводится решение обратной задачи кинематики и листинг программы на языке Python, а также модель манипулятора и результаты моделирования в среде MATLAB/SIMULINK.

Abstract. The solution of the inverse problem of dynamics of a two-link manipulator of SCARA type is considered by implementing the code for determining the angles of rotation of links along a given trajectory in python language and processing the obtained values in MATLAB/SIMULINK environment using Simscape physical systems modelling library. The solution of the inverse problem of kinematics and the listing of the program in Python, as well as the manipulator model and the results of simulation in MATLAB/SIMULINK environment are given.

Ключевые слова. Обратная задача динамики, обратная задача кинематики, python, MATLAB/SIMULINK, Simscape.

Keywords. Inverse dynamics, inverse kinematics, python, MATLAB/SIMULINK, Simscape.

¹Чаленков Никита Игоревич, старший преподаватель, NICHalencov@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Невар Галина Валерьевна, ассистент, GVNevar@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

³Барановский Юрий Александрович, старший преподаватель, iuabaranovskii@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

⁴Малицкая Александра Александровна, старший преподаватель, malitskaya@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Chalencov Nikita Igorevich, Senior Lecturer, NICHalencov@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Nevar Galina Valerievna, Assistant, GVNevar@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Baranovsky Yuri Alexandrovich, Senior Lecturer, iuabaranovskii@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Malitskaya Aleksandra Aleksandrovna, Senior Lecturer, malitskaya@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

СИНТЕЗ ПРОГРАММНОГО ОПТИМАЛЬНОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМИ НЕСТАЦИОНАРНЫМИ НЕПРЕРЫВНО-ДИСКРЕТНЫМИ СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ

Крамарь В.А.¹, Дементьев К.В.², Якунин Р.Д.³, Крамарь О.А.⁴, Троицкая А.А.⁵

SYNTHESIS OF A SOFTWARE OPTIMAL CONTROL LAW FOR LINEAR TIME-VARYING CONTINUOUS-DISCRETE CONTROL SYSTEMS

Kramar V.A.¹, Dementiev K.V.², Yakunin R.D.³, Kramar O.A.⁴, Troitskaya A.A.⁵

Аннотация. Рассматривается математическая модель непрерывно-дискретной системы управления, которая содержит в контуре управления устройства, функционирующие как непрерывно, так и дискретно во времени. В статье выводятся необходимые и достаточные условия оптимальности на случай синтеза программного управления. Показан путь сведения краевой задачи к задаче Коши в виде системы из двух матричных непрерывно-дискретных уравнений. В основе всех построений используется характеристическое тождество Грина-Лагранжа.

Abstract. The mathematical model of a continuous-discrete control system containing devices in the control loop that operate both continuously and discretely in time is considered. The necessary and sufficient optimality conditions are derived in the article for the case of synthesis of program control in the form of a continuous-discrete boundary point. The way of reducing the specified boundary value problem to the Cauchy problem in the form of a system of two matrix continuous-discrete equations is shown. The Green-Lagrange characteristic identity is used as the basis for all constructions.

Ключевые слова. Непрерывно-дискретная система, математическая модель, оптимальное управление, тождество Грина-Лагранжа, программное управление.

Keywords. Continuous-discrete system, mathematical model, optimal control, Green-Lagrange identity, program control.

¹Крамарь Вадим Александрович, д-р техн. наук, проф., kramarv@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Дементьев Кирилл Валерьевич, ассистент, mash.saigon.89@gmail.com Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

³Якунин Роман Денисович, ассистент, goodroma1404@gamil.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

⁴Крамарь Олег Александрович, ассистент, rolets@yandex.ru Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

⁵Троицкая Анастасия Андреевна, ассистент, aatroitskaya@sevsu.ru Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Kramar Vadim Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, kramarv@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Dementiev Kirill Valerievich, Assistant, mash.saigon.89@gmail.com Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Yakunin Roman Denisovich, Assistant, goodroma1404@gamil.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Kramar Oleg Aleksandrovich, Assistant, rolets@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Troitskaya Anastasia Andreevna, Assistant, aatroitskaya@sevsu.ru Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ПЛАНИРОВАНИЕ ПУТИ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С УЧЕТОМ ПРЕПЯТСТВИЙ

Никитин Ю.Р.¹, Зубкова Ю.В.², Зубков Д.Б.³

PATH PLANNING OF A MOBILE ROBOT CONSIDERING OBSTACLES

Nikitin Yu.R.¹, Zubkova Yu.V.², Zubkov D.B.³

Аннотация. Статья посвящена разработке алгоритма автоматического планирования пути мобильного робота (МР) к заданной целевой точке с учетом появления препятствий на пути следования. Рассматриваются преимущества использования МР на производстве, такие как повышение производительности, снижение затрат, улучшение безопасности и гибкости. Обсуждаются современные методы планирования пути, включая алгоритмы поиска по графу, случайной выборки и интеллектуальные бионические алгоритмы. Особое внимание уделяется проблеме планирования безопасных траекторий в условиях информационной недостаточности и наличия препятствий. Представлены результаты моделирования планирования пути МР, подтверждающие эффективность предложенных решений. Для повышения безопасности движения МР предложено использовать лазерные дальномеры. Определены главные критерии при выборе лазерного дальномера – расстояние, масса, надежность, стоимость. Для обнаружения препятствий выбран лазерный дальномер VL53L1X на принципе измерения времени пролета света (ToF) из семейства продуктов ST FlightSense. Для реализации системы обнаружения и автоматического уклонения от столкновений требуется установить 3 лазерных дальномера. Планирование пути для МР и предотвращение столкновений остается актуальной задачей и требует дальнейшего исследования, особенно в контексте интеграции МР с другими автоматизированными технологическими системами и повышении их надежности и безопасности.

Abstract. The paper is devoted to the development of an algorithm for automatic path planning of a mobile robot (MR) to a given target point, taking into account the occurrence of obstacles on its way. The advantages of using MR in manufacturing, such as increased productivity, reduced costs, improved safety and flexibility, are discussed. State-of-the-art path planning methods including graph search, random sampling and intelligent bionic algorithms are discussed. Special attention is given to the problem of planning safe paths in the presence of information scarcity and obstacles. The results of MR path planning modelling are presented, confirming the effectiveness of the proposed solutions. Laser range finders have been proposed to improve the safety of MR traffic. The main criteria for selecting a laser rangefinder - distance, weight, reliability, cost - are defined. For obstacle detection the VL53L1X laser rangefinder based on the principle of time-of-flight (ToF) measurement from the ST FlightSense product family was selected. It is a fast, miniature ToF sensor with a range of up to 4 m and a measurement frequency of up to 50 Hz, allowing absolute distance measurement independent of obstacle colour and surface reflection properties. To realise a collision detection and automatic evasion system, 3 laser rangefinders are required. Path planning for MR and collision avoidance remains a topical issue and requires further research, especially in the context of integrating MR with other automated process systems and improving their reliability and safety.

Ключевые слова. Планирование пути, автоматизация, мобильный робот, препятствия, моделирование.

Keywords. Path planning, automation, mobile robot, obstacles, modelling.

¹Никитин Юрий Рафаилович, канд. техн. наук, доцент, nikitin@istu.ru, Россия, Ижевск, ФГБОУ ВО ИжГТУ им. М.Т. Калашникова

²Зубкова Юлия Валерьевна, канд. техн. наук, доцент, zubkov-jr@yandex.ru, Россия, Ижевск, ФГБОУ ВО ИжГТУ им. М.Т. Калашникова

³Зубков Дмитрий Борисович, студент, stigeronn@gmail.com, Россия, Ижевск, ФГБОУ ВО ИжГТУ им. М.Т. Калашникова

Nikitin Yuriy Rafailovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, nikitin@istu.ru, Russia, Izhevsk, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Zubkova Yuliya Valer`evna, Candidate of Technical Sciences, Docent, zubkov-jr@yandex.ru, Russia, Izhevsk, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Zubkov Dmitriy Borisovich, Student, stigeronn@gmail.com, Russia, Izhevsk, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОЦЕНКИ МОБИЛЬНОСТИ РОЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ДИСКРЕТНОЙ ПЛОСКОСТИ С НЕОДНОРОДНОСТЯМИ

Карлусов В.Ю.¹, Кудрявченко И.В.²

PROBABILISTIC ESTIMATES OF THE MOBILITY OF SWARM ELEMENTS BASED ON THE MODEL OF A DISCRETE PLANE WITH HETEROGENEITIES

Karlusov V.Yu.¹, Kudryavchenko I.V.²

Аннотация. Рассматривается модель дискретной плоскости с заданным равномерным распределением вероятностей перемещения элементов роя между соседними клетками операционного поля, содержащего отражающие внешние границы и неоднородности в виде зеркал: плоского и углового. Вероятностные оценки мобильности рассчитываются как совокупности исходов, состоящих в попадании роевых элементов в клетки операционного поля, отнесенных к сумме совокупностей всех возможных исходов за рассматриваемое число тактов дискретного времени. Приведены примеры моделирования и возможные перспективы дальнейших исследований.

Abstract. A model of the discrete plane with a given uniform distribution of probabilities of swarm elements movement between adjacent cells of the operational field containing reflective external boundaries and heterogeneities in the form of mirrors: flat and angular is considered. Probabilistic estimates of mobility are calculated as sets of outcomes consisting of swarm elements entering the cells of the operational field, divided to the sum of sets of all possible outcomes for the considered number of discrete time steps. Examples of modeling and possible prospects for further research are given.

Ключевые слова. Моделирование, дискретная плоскость с неоднородностями, случайные события, совокупность исходов.

Keywords. Modeling, discrete plane with heterogeneities, random events, set of outcomes.

¹Карлусов Вадим Юрьевич, канд. техн. наук, доц., доцент, KVYu_2015@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Кудрявченко Иван Владимирович, канд. техн. наук, доц., доцент, IVKudryavchenko@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Karlusov Vadim Yurievich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, KVYu_2015@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Kudryavchenko Ivan Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, IVKudryavchenko @sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ МНОГОЭЛЕМЕНТНОЙ СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКИ

Филипович О.В.¹

METHODS OF MODELING OF SINGLE-PARAMETER MULTI-ELEMENT SELECTIVE ASSEMBLY PROCESSES

Filipovich O.V.¹

Аннотация. Рассматриваются задачи селективного комплектования прецизионных изделий различного назначения. Для анализа и синтеза сборочных процессов используются математические модели, учитывающие стохастичность параметров и возмущений. Приведены методы, позволяющие решить проблему моделирования процессов однопараметрической селективной сборки двух и более элементов, при нелинейных зависимостях между входными и выходными параметрами собираемых изделий, а также определять количественные и качественные показатели сборочных процессов.

Abstract. The problems of selective assembly of precision products for various purposes are considered. For the analysis and synthesis of assembly processes mathematical models are used, taking into account stochasticity of parameters and perturbations. The methods allowing to solve the problem of modeling processes of one-parameter selective assembly of two and more elements, at nonlinear dependences between input and output parameters of assembled products, and also to determine quantitative and qualitative indicators of assembly processes are given.

Ключевые слова. Однопараметрическая селективная сборка, метод моделирования, математическая модель.

Keywords. Single-parameter selective assembly, modeling method, mathematical model.

¹Филипович Олег Викторович, канд. техн. наук, доц., доцент, ophisl@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Filipovich Oleg Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, ophisl@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

МОДЕЛЬ ЭХОЛОТА И ГИДРОЛОКАТОРА БОКОВОГО ОБЗОРА В СОСТАВЕ ИМИТАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПРИБРЕЖНЫХ МОРСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Никишин В.В.¹, Багаев А.В.²

A MODEL OF ECHO SOUNDER AND SIDE-SCAN SONAR AS A PART OF A MARITIME SIMULATION FOR COASTAL MARINE RESEARCH

Nikishin V.V.¹, Bagaev A.V.²

Аннотация. Приведены результаты разработки интерактивной математической модели эхолота и гидролокатора бокового обзора (ГБО), входящей в состав имитационного тренажерного комплекса на основе ПО Unigine. Комплекс предназначен для подготовки специалистов, участвующих в экспедиционных работах в прибрежных районах моря. Работа модели основана на расчете длин векторов между приемно-излучающим устройством эхолота и отражающей поверхностью. Приведены результаты испытаний комплекса с эхолотом и ГБО, установленным на маломерном судне при перемещении в «цифровом двойнике» акватории Лименской бухты.

Abstract. The article presents the results of development of an interactive mathematical model of echo sounder and side scan sonar (SSS) as part of the maritime training complex based on Unigine software. The complex is designed for training of specialists involved in expeditionary work in coastal areas. The model is based on the calculation of vector lengths between the receiving and emitting device of the echo sounder and the reflecting surface. The results of tests with echo sounder installed on a small vessel while moving in the “digital twin” of the Limenskaya Bay are given.

Ключевые слова. Математическое моделирование, эхолот, гидролокатор бокового обзора, беспилотный надводный аппарат, геоинформационная система.

Keywords. Mathematical model, echo sounder, side-scan sonar, unmanned surface vehicle, geographic information system.

¹Никишин Владимир Владимирович, канд. техн. наук, доцент, nikishin_v@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Багаев Андрей Владимирович, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник, a.bagaev1984@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН»

Nikishin Vladimir Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, nikishin_v@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Bagaev Andrey Vladimirovich, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Leading Researcher, a.bagaev1984@gmail.com, Russia, Sevastopol, Federal State Budget Scientific Institution Federal Research Center «Marine Hydrophysical Institute of RAS»

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ CNN-GAN СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РЕДКИХ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ОСНОВЕ ОГРАНИЧЕННЫХ НАБОРОВ КТ/МРТ-СНИМКОВ

Абибулаев Э.А.¹, Крамарь В.А.²

DEVELOPMENT OF A HYBRID CNN-GAN SYSTEM FOR DIAGNOSTICS OF RARE ONCOLOGICAL DISEASES BASED ON LIMITED SETS OF CT/MRI IMAGES

Abibulaev E.A.¹, Kramar V.A.²

Аннотация. В статье отражена разработка методики диагностики редких онкологических заболеваний с использованием гибридной системы, сочетающей сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN) и генеративно-сопоставительные сети (Generative Adversarial Networks, GAN). Цель работы – предложить эффективную методику автоматизированного анализа и классификации КТ/МРТ-снимков при ограниченном количестве исходных данных, что характерно для редких онкологических патологий. В статье представлены этапы разработки системы, методология исследования, выбранные оптимизационные функции для GAN и CNN, а также результаты генерации и классификации. Показана эффективность предложенной методики на примере задачи классификации редкого вида злокачественных опухолей надпочечников.

Abstract. The article discusses the development of a method for diagnosing rare oncological diseases using a hybrid system combining convolutional neural networks (CNN) and generative adversarial networks (GAN). The purpose of the work is to propose an effective method for automated analysis and classification of CT/MRI images with a limited amount of initial data, which is typical for rare oncological pathologies. The article presents the stages of system development, research methodology, selected optimization functions for GAN and CNN, as well as the results of generation and classification. The effectiveness of the proposed method is shown using the example of the problem of classifying a rare type of malignant adrenal tumors.

Ключевые слова. Сверточные нейронные сети, генеративно-сопоставительные сети, классификация, оптимизация.

Keywords. Convolutional neural networks, generative adversarial networks, classification, optimization.

¹Абибулаев Энвер Алимович, аспирант, enverabibullaev20@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Крамарь Вадим Александрович, д-р техн. наук, проф., kramarv@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Abibulaev Enver Alimovich, Postgraduate Student, enverabibullaev20@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Kramar Vadim Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, kramarv@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА В МОДЕЛИРОВАНИИ УПРАВЛЯЕМОГО ДВИЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Бохонский А.И.¹

ANALYTICAL MECHANICS IN OBJECTS CONTROLLED MOTION MODELLING

Bokhonsky A.I.¹

Аннотация. На примере динамики управляемого движения объекта отражено взаимодействие привлекаемых к моделированию методов из родственных дисциплин. Показана связь уравнений Лагранжа и Гамильтона, которая исторически способствовала появлению принципа максимума Понтрягина. Обращено внимание на некоторые характерные особенности использования применяемых методов при моделировании движения объектов, а также на возможность привлечения альтернативных методов, позволяющих проверить ранее полученные результаты.

Abstract. The example of an object controlled motion dynamics reflects the interaction of methods from related disciplines involved in modeling. The connection between the equations of Lagrange and Hamilton is shown, which historically contributed to the emergence of the Pontryagin maximum principle. Attention is drawn to some usage characteristic features of the applied methods in the objects motion modeling, as well as to the possibility of alternative methods using that allow checking previously obtained results.

Ключевые слова. Уравнения Лагранжа и Гамильтона, принцип максимума Понтрягина, динамические модели, альтернативные методы.

Keywords. Lagrange and Hamilton equations, Pontryagin maximum principle, dynamic models, alternative methods.

¹Бохонский Александр Иванович, д-р. техн. наук, проф., профессор, bohon.alex@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Bokhonsky Alexander Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor, bohon.alex@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ВЕРИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ОТКАЗОВ И РЕЗЕРВА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ

Заморёнов М.В.¹, Чаленков Н.И.², Шевченко В.И.³, Мащенко Е.Н.⁴, Заморёнов И.М.⁵

VERIFICATION OF A TECHNICAL SYSTEM OPERATION MODEL CONSIDERING FAILURES AND POWER SUBSYSTEM REDUNDANCY

Zamoryonov M.V.¹, Chalenkov N.I.², Shevchenko V.I.³, Maschenko E.N.⁴,
Zamoryonov I.M.⁵

Аннотация. В среде имитационного моделирования AnyLogic разработана имитационная модель функционирования технической системы с учетом отказов и резерва энергетической подсистемы. Построенная модель позволяет определять коэффициент готовности исследуемой системы. Проведено сравнение результатов аналитического и имитационного моделирования, которое показало корректность построения аналитической модели.

Abstract. An simulation model of a technical system operation was developed in the AnyLogic simulation environment, accounting for failures and redundancy in the power subsystem. The model constructed in this study enables determination of the system's availability factor. A comparison of analytical and simulation modeling results was performed, which confirmed the correctness of the analytical model construction.

Ключевые слова. Имитационная модель, верификация, техническая система, резерв, коэффициент готовности.

Keywords. Simulation model, verification, technical system, redundancy, availability factor.

¹Заморёнов Михаил Вадимович, канд. техн. наук, доц., доцент, zamoryonoff@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Чаленков Никита Игоревич, старший преподаватель, chalenkov-nikita@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

³Шевченко Виктория Игоревна, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой, vishevchenko@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

⁴Мащенко Елена Николаевна, канд. техн. наук, доц., доцент, maschenko@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

⁵Заморёнов Илья Михайлович, ассистент, ilia.zamoryonov@gmail.com, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Zamoryonov Mikhail Vadimovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, zamoryonoff@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Chalenkov Nikita Igorevich, Senior Lecturer, chalenkov-nikita@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Shevchenko Viktoria Igorevna, Candidate of Technical Sciences, Docent, Head of Department, vishevchenko@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Maschenko Elena Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, maschenko@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Zamoryonov Ilia Mikhailovich, Assistant, ilia.zamoryonov@gmail.com, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПОИСКА ФОРМ ДВИЖЕНИЯ

Варминская Н.И.¹

ACTION PRINCIPLE USING IN CONTROL MODELING TO MOTION FORMS' SEARCH

Varminskaya N.I.¹

Аннотация. При моделировании оптимального движения трехзвенного антропоморфного манипулятора с конечным числом степеней свободы (с невесомыми звеньями и сосредоточенными массами в узлах) показана возможность использования принципа действия для определения наилучшей формы движения, которая обеспечивает достижение цели движения со снижением энергетических затрат на его реализацию; результат дополнительно проверен параллельным вычислением нескольких энергетических критериев.

Abstract. In the optimal motion modeling of a three-link anthropomorphic manipulator with a finite number of degrees of freedom (with weightless links and concentrated masses at the nodes), the possibility of using the action principle to determine the best motion form that ensures the achievement of the motion purpose with a reduction in the energy costs for its implementation is demonstrated; the result is additionally verified by calculating several energy criteria.

Ключевые слова. Оптимальное движение, принцип действия, форма движения, энергетические затраты, снижение энергоемкости целенаправленного движения.

Keywords. Optimal motion, action principle, motion form, energy costs, energy consumption reduction of purposeful motion.

¹Варминская Наталья Ивановна, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой, nvarminska@gmail.com, Россия, Севастополь, Черноморское высшее военно-морское училище имени П.С. Нахимова

Varminskaya Natalia Ivanovna, Candidate of Technical Sciences, Docent, Head of Department, nvarminska@gmail.com, Russia, Sevastopol, Black Sea Higher Naval School named after P.S. Nakhimov

МЕТОДЫ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ ЛИДАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Зуев С.М.¹, Здрюев Г.Е.²

METHODS OF SEMANTIC SEGMENTATION AND CLASSIFICATION OF LIDAR DATA USING MACHINE LEARNING

Zuev S.M.¹, Zdruev G.E.²

Аннотация. В работе рассматриваются методы семантической сегментации и классификации данных лидара с использованием алгоритмов машинного обучения. Исследуется применение технологии лидарного сканирования для создания детализированных трехмерных моделей объектов и пространств. Основное внимание уделено разработке и анализу модели, основанной на алгоритме k -NN, для классификации точек облака в среде MatLab с использованием инструментов Lidar Toolbox и Lidar Viewer. Проведен сравнительный анализ эффективности предложенной модели. Рассмотрены возможности повышения точности за счет оптимизации параметров модели и внедрения гибридных методов, комбинирующих k -NN с нейросетевыми подходами. Полученные результаты подтверждают перспективность использования машинного обучения для обработки лидарных данных в задачах машиностроения, автономного транспорта и автоматизации производства.

Abstract. The paper considers methods of semantic segmentation and classification of lidar data using machine learning algorithms. The application of lidar scanning technology for creating detailed three-dimensional models of objects and spaces is investigated. The main attention is paid to the development and analysis of a model based on the k -NN algorithm for classifying cloud points in the MatLab environment using the Lidar Toolbox and Lidar Viewer tools. A comparative analysis of the proposed model efficiency is carried out. The possibilities of increasing accuracy by optimizing model parameters and introducing hybrid methods combining k -NN with neural network approaches are considered. The obtained results confirm the promise of using machine learning for processing lidar data in mechanical engineering, autonomous transport and industrial automation.

Ключевые слова. Обработка изображений, обработка облака точек, машинное обучения, маркировка облака точек, тестирование.

Keywords. Image processing, point cloud processing, machine learning, point cloud labeling, testing.

¹Зуев Сергей Михайлович, канд. физ.-мат. наук, доц., начальник управления подготовки кадров высшей квалификации и ДПО, доцент, sergei_zuev@mail.ru, Россия, Москва, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

²Здрюев Глеб Евгеньевич, студент, zuev@mirea.ru, Россия, Москва, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет»

Zuev Sergey Mikhailovich, Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Docent, Head of the Department for Training Highly Qualified Personnel and Continuing Professional Education, Associate Professor, sergei_zuev@mail.ru, Russia, Moscow, Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute, MIREA – Russian Technological University

Zdruev Gleb Evgenievich, Student, zuev@mirea.ru, Russia, Moscow, MIREA – Russian Technological University

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ СЛУЧАЙНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ

Филипович О.В.¹, Камцев В.А.², Балакина Н.А.³, Балакин А.И.⁴

ANALYSIS OF DISTRIBUTIONS OF RANDOM ERROR COMPONENTS USING STATISTICAL METHODS FOR PART DIMENSIONS MEASUREMENTS

Filipovich O.V.¹, Kamtsev V.A.², Balakina N.A.³, Balakin A.I.⁴

Аннотация. Рассмотрена методика получения статистических данных для определения закона распределения случайной составляющей погрешности измерения. Приведены результаты статистической обработки полученных данных с целью определения закона распределения погрешности средства измерения. Построены гистограммы, определен вид теоретического закона, проверены гипотезы о виде закона распределения с использованием критерия согласия Пирсона.

Abstract. The technique of obtaining statistical data for determining the law of distribution of the random component of measurement error is considered. The results of statistical processing of the obtained data to determine the law of distribution of the measurement error are given. Histograms are constructed, the type of the theoretical law is determined, hypotheses about the type of the distribution law are tested using Pearson's agreement criterion.

Ключевые слова. Погрешность измерения, случайная составляющая, закон распределения, гистограмма, статистический ряд.

Keywords. Measurement error, random component, distribution law, histogram, statistical series.

¹Филипович Олег Викторович, канд. техн. наук, доц., доцент, ophisl@yandex.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

²Камцев Вячеслав Андреевич, ассистент, kva_m98@mail.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

³Балакина Наталья Анатольевна, старший преподаватель, ANBalakina@mail.sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

⁴Балакин Алексей Игоревич, канд. техн. наук, доц., доцент, AIBalakin@sevsu.ru, Россия, Севастополь, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

Filipovich Oleg Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, ophisl@yandex.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Kamtsev Vyacheslav Andreevich, Assistant, kva_m98@mail.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Balakina Natalia Anatolievna, Senior Lecturer, ANBalakina@mail.sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University

Balakin Alexey Igorevich, Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor, AIBalakin@sevsu.ru, Russia, Sevastopol, Sevastopol State University