

АННОТАЦИИ СТАТЕЙ / ABSTRACTS

Акодит Е.В. Подход к решению стохастической маршрутно-распределительной задачи целевой поставки и ресурсными ограничениями на основе технологий искусственного интеллекта.

Обобщены результаты развития полимодельного квалиметрического метода системной оптимизации разнородных объектов морской техники и морской инфраструктуры (ОМТИ), включая объекты критической инфраструктуры. Сформулированы основные положения теории практики и перспективные направления развития технологии полимодельного квалиметрического анализа, синтеза и оптимизации организационных и технологических решений при управлении развитием ОМТИ.

Ключевые слова: технологии искусственного интеллекта, генетический алгоритм, функция приспособленности, имитационное моделирование, имитационный эксперимент, клеточный автомат, задача оптимизации, имитационный эксперимент.

Akodit Evgeny V. An approach to solving stochastic routing and allocation problems with target delivery and resource constraints using artificial intelligence technologies.

Аксенов К.А. Применение агентного подхода в гибридных системах имитационно-мультиагентного моделирования процессов преобразования ресурсов.

Проведен анализ применимости агентного подхода в гибридных средах имитационного моделирования и интеллектуальных системах. Представлены результаты разработки гибридных систем имитационного мультиагентного моделирования процессов преобразования ресурсов: комплекса BPsim и автоматизированной системы выпуска металлургической продукции. Для анализа исследуемых производственных, логистических, технологических и бизнес-процессов разработана модель процессов преобразования ресурсов, которая программно реализована в подсистеме моделирования. Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов расширена агентами анализа узких мест, субподряда и принятия решений. Разработана гибридная агентная архитектура мультиагентного процесса преобразования ресурсов, включающая интеллектуальную и реактивную составляющие. Описаны принципы применения агентной архитектуры в комплексе BPsim и автоматизированной системы выпуска металлургической продукции. Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов и агентная архитектура используются для решения задач анализа и синтеза, совершенствования процессов, планирования и принятия решений в областях металлургии и нефтепродуктообеспечения.

Ключевые слова: автоматизированная система, имитационное моделирование, принятие решений, анализ и синтез моделей, агентный подход, узкие места процессов.

Aksyonov K.A. Application of agent approach in hybrid simulation and multi agent system of resources conversion processes.

An analysis of the applicability of the agent-based approach in hybrid simulation environments and intelligent systems was conducted. The results of development of hybrid simulation and multi agent systems of resources conversion processes are presented. Investigated processes are formalized by a model of resource conversion processes implemented in the modeling subsystem of the metallurgical information system and BPsim simulation system. The multi-agent resource conversion process model is expanded with agents for bottleneck analysis, subcontracting, and decision making. A hybrid agent-based architecture for the multi-agent resource conversion process has been developed, incorporating both intelligent and reactive components. The principles of application of agent-based architecture in the BPsim complex

and automated metallurgical information system are described. The multi-agent resource conversion process model and agent-based architecture are used to solve problems of analysis and synthesis, process improvement, planning and decision-making in the fields of metallurgy and petroleum product supply.

Keywords: automated system, simulation, decision support, analysis and synthesis of model, agent approach, processes bottlenecks.

Аксенова Е.К., Аксенов К.А., Жаркова Н.А., Аксенова О.П. Веб-ориентированная система имитационного моделирования бизнес-процессов для студентов УрФУ.

Представлены результаты разработки веб-ориентированной системы имитационного моделирования бизнес-процессов для студентов Уральского федерального университета: программного комплекса BPsim.MAS Web. Для анализа и дальнейшей автоматизации учебных процессов в рамках проведения лабораторных работ изучен функционал программного обеспечения для создания динамических моделей бизнес-процессов BPsim.MAS и его аналогов. Особенностью рассматриваемых учебных процессов является наличие узких мест, связанных с установкой приложения BPsim.MAS на персональные компьютеры студентов и работой с графическим интерфейсом. Реализована веб-версия системы BPsim.MAS с современной визуальной составляющей и улучшенным механизмом отладки модели за счет валидации вводимых математических выражений. В результате разработки программного обеспечения BPsim.MAS Web автоматизирован процесс проведения лабораторных занятий в Уральском федеральном университете и составлены методические рекомендации по проведению лабораторных работ.

Ключевые слова: автоматизированная система, имитационное моделирование, веб-приложение, учебные процессы, узкие места процессов, удобство использования, отладка модели.

Aksyonova E.K., Aksyonov K.A., Zharkova N.A. Web-based business process simulation system FOR URFU students.

The results of the development of a web-based business process simulation system for students of Ural Federal University: BPsim.MAS Web software package are presented. For the analysis and further automation of educational processes in the framework of laboratory work, the functionality of the software for creating dynamic business process models BPsim.MAS and its analogues was studied. A special feature of the educational processes under consideration is the presence of bottlenecks associated with installing the BPsim.MAS application on students' personal computers and working with a graphical interface. The web version of the BPsim.MAS system is implemented with a modern visual component and an improved model debugging mechanism based on the validation of input mathematical expressions. As a result of the development of BPsim.MAS Web software, the process of conducting laboratory classes at Ural Federal University has been automated and guidelines for conducting laboratory work have been compiled.

Keywords: automated system, simulation, web application, educational processes, process bottlenecks, usability, model debugging.

Алексеев А.В. Прикладные задачи оценки конкурентной способности, перспективности развития сложных эргатических систем и качества управления ими.

Обобщение и развитие теоретических и прикладных вопросов обеспечения оценки конкурентной способности, перспективности развития сложных эргатических систем, а также качества управления ими в условиях цифровой трансформации государства,

общества и личности представляет собой особый научный, практический и социально значимый интерес. На примере развития сложных эргатических систем класса систем комплексной автоматизации процессов управления борьбой за живучесть корабля, судна в информационно защищенном исполнении рассмотрены три прикладные задачи оценки и управления их конкурентной способностью, перспективностью развития, включая анализ, синтез и оптимизацию проектных решений, задачу цифровых двойников управления эффективностью эксплуатации и задачу изыскания и аттестации путей внедрения элементов искусственного интеллекта.

Ключевые слова: комплексное моделирование, интеллектуализация управления, конкурентная способность, перспективность развития, оптимизация, элементы искусственного интеллекта, эффективность принятия решений.

Alekseev A.V. Applied tasks of assessing the competitive ability, prospects for the development of complex ergatic systems and the quality of their management.

The generalization and development of theoretical and applied issues of ensuring the assessment of competitive ability, the prospects for the development of complex ergatic systems, as well as the quality of their management in the context of the digital transformation of the state, society and personality is of particular scientific, practical and socially significant interest. Using the example of the development of complex ergatic systems of the class of integrated automation systems for controlling the survivability of a ship, an information-protected vessel, three applied tasks of evaluating and managing their competitiveness and development prospects are considered, including analysis, synthesis and optimization of design solutions, the task of digital twins of operational efficiency management and the task of finding and certifying ways to introduce artificial intelligence elements.

Keywords: integrated modeling, management intellectualization, competitive ability, development prospects, optimization, elements of artificial intelligence, efficiency of decision-making.

Алексеев А.В., Михальчук А.В., Корнева Ю.В. Оптимизация проектных решений объектов морской техники методом корневой чувствительности системных показателей качества.

Методы оптимизации в имитационном и комплексном моделирования при решении любой из прикладных задач являются наиболее значимыми, так как позволяют обосновать проектные предложения по совершенствованию объекта моделирования. Еще большее значение они имеют при параметрической оптимизации системных показателей качества объектов и их групп. На основе использования метода корневой чувствительности и его реализации в Роботизированном проектном комплексе «КСПр-23» разработки Санкт-Петербургского государственного морского технического университета приведена методика и пример оптимизации проектных решений объекта морской техники типа «Автоматизированная система поддержки принятия проектных решений (АСППР)», систематизированы теоретические положения ее развития, сформулированы преимущественные свойства, критерии и показатели качества. Показано, что первоочередным требованием и критерием оптимизации АСППР следует считать системные показатели их качества, валидности и конкурентной способности.

Ключевые слова: комплексное моделирование, интеллектуализация управления, метод корневой чувствительности, валидность, конкурентная способность.

Alekseev A.V., Mikhalechuk A.V., Korneva Yu.V. Optimization of design solutions for marine equipment facilities by the method of root sensitivity of system quality indicators.

Optimization methods in simulation and complex modeling for solving any of the applied tasks are the most significant, as they allow us to substantiate design proposals for improving the object of modeling. They are even more important in parametric optimization of system quality indicators of objects and their groups. Based on the use of the root sensitivity method and its implementation in the KSPR-23 Robotic Design Complex developed by St. Petersburg State Maritime Technical University, a methodology and an example of optimizing design solutions for a marine engineering facility such as the Automated Design Decision Support System (ASPS) are presented, the theoretical provisions of its development are systematized, the advantageous properties and criteria are formulated and quality indicators. It is shown that the system indicators of their quality, validity and competitiveness should be considered as the primary requirement and criterion for optimizing ASPS.

Keywords: integrated modeling, management intellectualization, root sensitivity method, validity, competitive ability.

Алибаев А.М., Маликов Р.Ф. Оптимизация производства стеклотары на основе имитационного моделирования.

В работе рассматриваются вопросы оптимизации производства стеклотары на основе имитационного моделирования. Для моделирования дискретно-событийных процессов логистики сырья (транспортировка компонентов конвейерами, работа бункеров, дробилок, смесителей) выбрана среда AnyLogic 8.9. Построен цифровой двойник производства стеклотары, на основе которого решен ряд задач, связанные с точным отслеживанием сырьевых запасов и контроль за соблюдением необходимых параметров шихты. Разработанная модель в AnyLogic служит основой для создания цифрового двойника участка подготовки шихты, позволяющего не только проводить эксперименты, но и в режиме, близком к реальному времени, отслеживать состояние процесса и оперативно реагировать на отклонения.

Ключевые слова: имитационное моделирование, цифровой двойник, оптимизация производства стеклотары, стекольная промышленность.

Alibaev A.M., Malikov R.F. Optimization of glass container production based on simulation.

This paper examines optimization of glass container production using simulation modeling. AnyLogic 8.9 was selected for modeling discrete-event raw material logistics processes (component transportation by conveyors, bin, crusher, and mixer operation). A digital twin of the glass container production facility was built, solving a number of problems related to precise raw material inventory tracking and batch compliance monitoring. The developed AnyLogic model serves as the basis for creating a digital twin of the batch preparation section, enabling not only experimentation but also near-real-time process monitoring and prompt response to deviations.

Keywords: simulation, digital twin, optimization of glass container production, glass industry.

Ануфренко А.В., Ковальский И.В., Снятков М.А., Жирохов А.И. Комплексное моделирование элементов транспортной сети связи.

В статье рассмотрен подход к комплексному моделированию элементов транспортной сети связи на основе интеграции аналитических и имитационных моделей. Обоснована необходимость совместного использования разнородных математических аппаратов и специализированного ПО для глубокого исследования сетевых процессов. Разработка

подхода позволит создать экспериментальный стенд для поиска оптимальных решений и анализа скрытых зависимостей в телекоммуникационных системах.

Ключевые слова: комплексное моделирование, транспортная сеть связи, аналитическое моделирование, имитационное моделирование, интеграция моделей, сетевые протоколы, математический аппарат.

Anufrenko Alexander V., Kovalsky Igor V., Snyatkov Maxim A., Zhirokhov Andrey I. Complex modeling of elements of the transport communication network.

The article considers an approach to complex modeling of elements of a transport communication network based on the integration of analytical and simulation models. The necessity of joint use of heterogeneous mathematical tools and specialized software for deep research of network processes is substantiated. The development of the approach will make it possible to create an experimental bench for finding optimal solutions and analyzing hidden dependencies in telecommunication systems.

Keywords: complex modeling, communication transport network, analytical modeling, simulation modeling, model integration, network protocols, mathematical apparatus.

Ануфренко А.В., Ковальский И.В., Снятков М.А., Жирохов А.И. Подход к моделированию транспортной и логических сетей связи как составляющих единой системы управления.

В статье рассматривается проблема управления сложной телекоммуникационной инфраструктурой, где множественные логические сети используют общий физический ресурс. Предлагается подход к созданию единой системы управления, согласующей параметры как транспортной, так и логических сетей связи. Для решения задачи предлагается использование агентно-ориентированного подхода имитационного моделирования с целью анализа надежности и эффективности управления сетевыми ресурсами.

Ключевые слова: Управление сетями связи, транспортная сеть связи, логические сети связи, агентно-ориентированный подход, имитационное моделирование, надежность сетей, AnyLogic.

Anufrenko Alexander V., Kovalsky Igor V., Snyatkov Maxim A., Zhirokhov Andrey I, An approach to modeling transport and logical communication networks as components of a unified management system

The article discusses the problem of managing a complex telecommunications infrastructure where multiple logical networks share a common physical resource. An approach is proposed to create a unified management system that matches the parameters of both transport and logical communication networks. To solve the problem, it is proposed to use an agent-based simulation approach to analyze the reliability and efficiency of network resource management.

Keywords: communication network management, communication transport network, logical communication networks, agent-based approach, simulation modeling, network reliability, AnyLogic.

Балыкина Ю.Е., Захаров В.В. Ретроспективное моделирование и прогнозирование глобальных процессов с использованием интегральной модели притока-оттока.

В докладе приведены результаты большого количества вычислительных экспериментов на реальных данных глобальных процессов распространения вирусов (на примере пандемии COVID-19) и процессов изменения численности населения стран и регионов Земли (на демографических данных Отдела народонаселения ООН). В исследовании

использована интегральная модель притока-оттока и авторский метод построения линейных трендов ее стохастических параметров.

Ключевые слова: моделирование, прогнозирование, интегральная модель притока-оттока, эпидемиология, демография, глобальные процессы.

Balykina Yulia E., Zakharov Viktor V. Retrospective modeling and forecasting of complex processes using the integral inflow-outflow model.

The report presents the results of a large number of computational experiments based on real data on global virus spread processes (for example, the COVID-19 pandemic) and population change processes in various countries and world regions (based on demographic data from the United Nations Population Division). The study uses an integral inflow-outflow model and the authors' method of constructing linear trends of its stochastic parameters.

Keywords: modeling, forecasting, integrated inflow-outflow model, epidemiology, demography, global processes.

Бобков С.П., Астраханцев Р.Г., Павлова Е.А., Астраханцева И.А. Имитационное моделирование химического реактора трубчатого типа.

Авторами рассматривается возможность использования дискретного подхода для моделирования процесса электросинтеза озона в аппарате трубчатого типа. Описана методика создания модели, приводится алгоритм имитационного компьютерного моделирования и результаты модельного исследования. Делаются выводы об адекватности предлагаемой модели и ее возможностях для получения новой информации в исследовательской и образовательной практике.

Ключевые слова: имитационное моделирование, клеточные автоматы, электросинтез озона.

Bobkov Sergey P., Astrakhantsev Roman G., Pavlova Ekaterina A., Astrakhantseva Irina A. Simulation modeling of a tubular chemical reactor.

The authors consider the possibility of using a discrete approach to modeling the process of ozone electrosynthesis in a tubular device. This paper describes the methodology for creating a model, provides an algorithm for computer simulation and the results of a model study. Conclusions are made about the adequacy of the proposed simulation model and its capabilities for obtaining new information in research and educational practice.

Keywords: simulation, cellular automata, ozone electrosynthesis.

Бобров В.А. Моделирование социальных систем при различной организации структурообразующих слоёв.

Рассматривается агентная модель сложной социальной системы, представленной в виде набора структурообразующих слоёв. В её рамках естественным образом возникает вопрос о способах достижения эффективности функционирования такой системы при различных значениях параметров модели. Рассматриваются различные подходы к её формированию, а именно – к выбору принципов отбора и отсева в структурообразующие слои. Описываются результаты проведённых имитационных экспериментов, позволяющие проанализировать и сравнить указанные подходы.

Ключевые слова: имитационное моделирование, социальные системы, устойчивое развитие.

Bobrov Vladimir A. Modeling of social systems with different organizations of structural layers.

An agent-based model of a complex social system, represented as a set of structure-forming layers, is considered. Within its framework, the question naturally arises about ways to achieve the effectiveness of such a system with different values of the model parameters. Various approaches to its formation are considered, namely, to the choice of the principles of selection and screening into the structure-forming layers. The results of the conducted simulation experiments are described, which make it possible to analyze and compare these approaches.

Keywords: simulation, social systems, sustainable development.

Бобров В.А., Бродский Ю.И. Моделирование в среде AnyLogic эффекта мягкой силы в популяционных моделях.

Наиболее известные модели А. Лотки и В. Вольтерры «хищник-жертва» и «конкуренция» рассматриваются применительно к социальным системам. Особенностью социальных систем, отличающей их от биологических, является быстрая реакция на текущую ситуацию. Анализ показывает, что прямолинейная борьба жертвы с хищником неэффективна, тогда как методы «мягкой силы» способны полностью избавиться систему от хищников. В статье рассматриваются уравнения конкуренции как математическая модель межкультурного взаимодействия. Изучение модели выявляет возможность парадоксальной ситуации, когда одна из культур положительно относится к другой, хотя на самом деле другая наносит ей вред. Мягкая сила в данном случае маскирует негативное отношение, представляя его как дружественное. И наоборот, в некоторых случаях безобидная культура может быть ошибочно воспринята как крайне негативная из-за «брутальности» некоторых ее проявлений.

Ключевые слова: мягкая сила, двойные стандарты, имитация, хищник-жертва, конкуренция.

Bobrov V.A., Brodsky Yu.I. Simulating with AnyLogic the soft power effect in population models.

The most famous models of A. Lotka and V. Volterra, “predator-prey” and “competition,” are considered in relation to social systems. The peculiarity of the social systems that distinguishes them from the biological ones is a quick reaction to the current situation. It turns out that the straightforward struggle of prey against predators is ineffective, whereas the methods of “soft power” are able to get rid of the predators completely. The article considers the competition equations as a mathematical model of cross-cultural interaction. The study of the model reveals the possibility of a paradoxical situation when one of the cultures positively treats the other, though the other one is actually harmful to it. Soft power, in this case, masks a negative attitude, presenting it as a friendly one. Conversely, in some cases, a harmless culture may be mistakenly perceived as a very negative one because of the “brutality” of some of its manifestations.

Keywords: soft power, double standards, simulation, predator-prey, competition.

Брусакова И.А., Васильев А.И. Проблемы подготовки выборочных данных для имитационного моделирования в цифровых экосистемах.

В статье рассматриваются архитектурные, онтологические, реляционные подходы к подготовке выборочных данных для имитационного моделирования процессов принятия решений в цифровых экосистемах. Особое внимание уделяется к формализации модели условий проведения имитационного моделирования. Приводится пример формирования наборов данных по цифровой экосистеме деvelopeмента для процессов управления недвижимостью.

Ключевые слова: архитектура цифровой экосистемы, онтологический инжиниринг, реляционное проектирование, сценарно-игровая модель, наборы данных, имитационное моделирование.

Brusakova I.A., Vasiliev A.I. Challenges in preparing data sets for simulation in digital ecosystems.

The article discusses architectural, ontological, relational approaches to the preparation of sample data for simulation modeling of decision-making processes in digital ecosystem. Particular attention is paid to the formalization of the model of conditions for the imitation modeling. An example of the formation of data sets on the digital ecosystem of development for real estate management processes is given.

Keywords: digital ecosystem architecture, ontological engineering, relational design, scenario-game model, data sets, simulation.

Варкентин Д.Д. Применение программ имитационного моделирования в сфере обслуживания пассажиров на транспорте.

Целью работы является разработка быстрого и эффективного решения для планирования развития пассажирского транспорта в быстрорастущих городах. Используя программное обеспечение для имитационного моделирования, в целях создания рациональных решений, учитывающих динамичный рост городов и текущие параметры городской сети и пассажиропотока. Ключевыми задачами являются: обеспечение соответствия провозной способности транспортной системы текущему и прогнозируемому пассажиропотоку, повышения скорости транспортных корреспонденций, обеспечение доступности остановок общественного транспорта в регламентированных пешеходных зонах, минимизируя время пешеходной доступности для пассажиров.

Данная работа основана на комплексном анализе данных, включающем текущие параметры пассажиропотока, существующую транспортную сеть и прогнозируемое развитие города. Результатом работы станут модели, позволяющие принимать обоснованные решения по развитию общественного транспорта в быстрорастущих населенных пунктах.

Ключевые слова: пассажирский транспорт, график следования, затруднённое движение, транспортный поток, маршруты городского транспорта, объекты городского транспорта.

Varkentin Daniil D. Application of simulation programs in the field of passenger transportation services.

The purpose of the work is to develop a fast and efficient solution for planning the development of passenger transport in rapidly growing cities. Using software for simulation modeling, to create rational solutions that take into account the dynamic growth of cities and the current parameters of the urban network and passenger flow. The key objectives are: Ensuring that the transport system's carrying capacity matches the current and projected passenger flow. Optimizing the speed of transport correspondence. Ensuring that public transport stops are accessible within designated pedestrian zones, minimizing the time it takes for passengers to reach them on foot.

This work is based on a comprehensive data analysis that includes current passenger flow parameters, the existing transportation network, and the projected development of the city. The result of this work will be models that allow for informed decision-making regarding the development of public transportation in rapidly growing urban areas.

Keywords: passenger transport, timetable, obstructed traffic, traffic flow, urban transport routes, urban transport facilities.

Войнов Б.Р. Кластер приложений для моделирования физических процессов в учебных целях.

Моделирование физических процессов занимает неотъемлемую часть в образовательной практике. Целью данной работы является создание кластера приложений для моделирования физических процессов, включающего процессы движения молекул и кинематики частиц. В итоге программный продукт может быть использован для улучшения качества понимания исследуемых физических процессов.

Ключевые слова: моделирование, механика, молекулярно-кинетическая теория, Java, обучение.

Voinov Bogdan R. Cluster of Applications for Modeling Physical Processes for Educational Purposes.

Modeling physical processes play an integral role in educational practice. The purpose of this work is to create a cluster of applications for modeling physical processes, including molecular motion and particle kinematics. As a result, the software product can be used to improve the quality of understanding of the studied physical processes.

Keywords: modeling, mechanics, molecular-kinetic theory, Java, education.

Воробьёв В.А. Модели ускорения Большой истории и сингулярность-2050.

Историческое развитие моделируется простейшим потоком мутаций, проходящих естественный отбор. Отсюда следует, что интенсивность развития подчиняется гиперболическому закону роста с технологической сингулярностью в ≈ 2050 году. Показано, что Большая история Земли описывается сходящимся рядом ароморфозов со знаменателем, равным «золотому сечению» $\phi = 1.618$ и рядом Фибоначчи. Эти ряды фактически совпадают с Международной Хроностратиграфической Шкалой и датами событий из истории человечества.

Ключевые слова: сингулярность, арогенез, ароморфоз, мутация, естественный отбор, простейший поток событий, золотое сечение, ряд Фибоначчи.

Vorobiov V.A. Acceleration models of Big history and technological singularity-2050.

Historical development is modeled by the simplest random flow of mutations undergoing natural selection. It follows that the intensity of development obeys the hyperbolic law of growth with technological singularity in ≈ 2050 . It is shown that the Big history of the Earth is described by a converging series of aromorphoses with a denominator equal to the "golden ratio" $\phi = 1.618$, and a Fibonacci series. These series actually coincide with the International Chronostratigraphic Scale and dates of events from the history of humanity.

Keywords: singularity, arogenesis, aromorphosis, mutation, natural selection, the simplest flow of events, golden ratio, Fibonacci series.

Гапоняко Ф.Д., Соболевский В.А. Универсальная мобильная платформа AutoGenNetMobile для автоматизации прикладных задач.

В работе представлена мобильная платформа AutoGenNetMobile, обеспечивающая автоматизацию анализа данных с использованием нейросетевых моделей на мобильных устройствах. Система позволяет динамически загружать и выполнять модели без ручной настройки, автоматизируя обработку изображений и визуализацию результатов в реальном времени. Экспериментальная проверка подтвердила универсальность и эффективность платформы для задач контроля качества и технологического аудита.

Ключевые слова: автоматизация, мобильные платформы, AutoGenNetMobile, нейронные сети, YOLO, компьютерное зрение, поддержка принятия решений.

Gaponyako Fedor D., Sobolevskii Vladislav A. AutoGenNetMobile: A universal environment for running simulation models on mobile devices.

This paper presents AutoGenNetMobile, a mobile platform that automates data analysis using neural network models on mobile devices. The system enables dynamic model loading and execution without manual setup, automating image processing and real-time result visualization. Experimental validation confirmed the platform's versatility and efficiency for tasks such as quality control and process auditing.

Keywords: automation, mobile platforms, AutoGenNetMobile, neural networks, YOLO, computer vision, decision support.

Гладкий В.А., Решетников Д.В., Щербина И.С. Риск-ориентированный подход в управлении безопасностью объектов наземной космической инфраструктуры.

В статье исследованы вопросы обеспечения безопасности объектов наземной космической инфраструктуры. Установлены потенциальные источники опасности. Подчеркнута необходимость применения риск-ориентированного подхода в обеспечении безопасности. Предложены ключевые практические инструменты для минимизации рисков гибели эксплуатирующего персонала.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход, объекты наземной космической инфраструктуры, компоненты ракетного топлива, воздушная ударная волна, расчёт показателей риска.

Gladky Vitaliy A., Reshetnikov Dmitry V., Shcherbina Igor S. Risk-based approach to safety management of ground-based space infrastructure facilities.

The article examines the issues of ensuring the safety of ground-based space infrastructure facilities. Identifies potential sources of danger. Emphasizes the need for a risk-based approach to ensuring safety. Offers key practical tools to minimize the risks of death of operating personnel.

Keywords: risk-oriented approach, ground-based space infrastructure facilities, rocket fuel components, air shock wave, calculation of risk indicators.

Глазунов Д.П., Гендрина И.Ю. Моделирование переноса излучения методом Монте-Карло с использованием CUDA.

В работе представлена задача моделирования переноса излучения в рассеивающих средах методом Монте-Карло. Рассмотрены алгоритмы моделирования для однородных и неоднородных сред. Параллельная реализация выполнена с использованием технологии CUDA, что позволяет задействовать вычислительные ресурсы графических процессоров и обеспечить многократное ускорение моделирования по сравнению с линейными реализациями. Проведен анализ производительности, эффективности и масштабируемости предложенных решений.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, перенос излучения, CUDA, параллельные вычисления, моделирование.

Glazunov Dmitry P., Gendrina Irina Yu. Monte Carlo simulation of radiative transfer using CUDA.

This paper presents the problem of radiative transfer modeling in scattering media using the Monte Carlo method. Simulation algorithms for homogeneous and inhomogeneous media are considered. A parallel implementation is carried out using CUDA technology, which makes it possible to exploit GPU computational resources and achieve a multiple speedup compared to sequential implementations. An analysis of the performance, efficiency, and scalability of the proposed solutions is presented.

Keywords: Monte Carlo method, radiative transfer, CUDA, parallel computing, simulation.

Гнатюк В.И., Кивчун О.Р., Морозов Д.Г. Модель режимного нормирования электропотребления в условиях изолированной энергосистемы на основе рангового анализа.

Представлена модель режимного нормирования электропотребления на основе рангового анализа. Фундаментальной теоретической основой модели является методология оптимального управления электропотреблением. Её внедрение позволяет снять противоречие между необходимостью обеспечения живучести энергосистемы за счёт устойчивого электропотребления, с одной стороны, и отсутствием математического и алгоритмического обеспечения, позволяющего принимать решения по режимному нормированию электропотребления индивидуально для каждого потребителя.

Ключевые слова: модель, режимное нормирование, электропотребление, ранговый анализ, изолированная энергосистема.

Gnatyuk Viktor I., Kivchun Oleg R., Morozov. Dmitry G. Model of regulating electricity consumption in an isolated power system based on ranking analysis.

The article presents a model of mode-based regulation of electricity consumption based on rank analysis. The fundamental theoretical basis of the model is the methodology of optimal control of electricity consumption. Its implementation allows to resolve the contradiction between the need to ensure the survivability of the power system through sustainable electricity consumption, on the one hand, and the lack of mathematical and algorithmic support for making decisions on mode-based regulation of electricity consumption individually for each consumer.

Keywords: model, regime regulation, electricity consumption, rank analysis, isolated power system.

Гончаренко Е.А., Попов А.С. Модель обнаружения и разрешения потенциальных конфликтных ситуаций на поверхности аэродрома.

В работе рассмотрена модель регулирования движения воздушных судов (ВС) на поверхности аэродрома, которая обеспечивает безопасные интервалы в условиях окружающего трафика при рулении ВС. Модель имитирует работу нескольких диспетчеров аэродрома. Для ускоренной работы модели были применены 3 способа уменьшения вычислительной сложности. Произведено внедрение модели в состав программного средства «СимАП», разрабатываемого ФАУ «ГосНИИАС», представлены примеры работы модели.

Ключевые слова: имитационное моделирование, аэродром, потенциальные конфликтные ситуации, вычислительная сложность, мера регулирования.

Goncharenko Ekaterina A., Popov Andrey S. Model of detection and resolution of potential conflict situations on the airport surface.

The paper presents a model of aircraft movement control and regulation in the airport, which maintains safe intervals in the context of surrounding traffic during aircraft taxiing. The model simulates the work of several airport controllers. To optimize model's performance, three methods of reducing computational complexity were applied. The model was integrated into the software tool "SimAP", developed by FAU "GosNIAS", and examples of the model's operation were presented.

Keywords: simulation, airport, potential conflict situations, computational complexity, regulatory measure.

Горев С.В., Астраханцева И.А. Многослойная криогенная система как объект структурного, управленческого и адаптивного моделирования в системном анализе.

Рассматривается интегрированный подход к моделированию и управлению многослойной криогенной системой. Предложены методы системного анализа, интеллектуального управления, интерпретируемого машинного обучения и диагностики на основе цифрового двойника. Подчеркивается практическая значимость SHAP-анализа и адаптивной архитектуры.

Ключевые слова: многослойная криогенная система, системный анализ, интеллектуальное управление, SHAP-анализ, цифровой двойник, машинное обучение.

Gorev Sergey V., Astrakhantseva Irina A. Multilayer cryogenic system as an object of structural, control, and adaptive modeling in systems analysis.

The article presents an integrated approach to modeling and control of a multilayer cryogenic system. The methodology includes systems analysis, intelligent control, interpretable machine learning, and diagnostics using a digital twin. Special attention is given to the practical value of SHAP analysis and the adaptive control architecture.

Keywords: multilayer cryogenic system, systems analysis, intelligent control, SHAP analysis, digital twin, machine learning.

Гостев В.М. Программный комплекс распределенного имитационного моделирования сетей передачи данных.

Рассмотрены основные особенности проблемы проектирования сетей передачи данных (СПД). Обсуждается подход к проектированию СПД, основанный на комплексном использовании аналитических и имитационных моделей. Приведено описание архитектуры системы оптимизации проектирования СПД. Представлено описание технологии комплексного моделирования СПД на базе системы распределенного имитационного моделирования.

Ключевые слова: имитационное моделирование, сеть передачи данных, имитационная модель, архитектура системы, оптимизация проектирования, комплексное моделирование, распределенное моделирование.

Gostev Vadim M. A software package for distributed simulation modeling of data transmission networks.

The article examines the key aspects of data transmission network (DTN) design. An approach to DTN design based on the integrated use of analytical and simulation models is discussed. A description of the architecture of a DTN design optimization system is provided. A comprehensive DTN modeling technology based on a distributed simulation system is presented.

Keywords: simulation, data transmission network, simulation model, system architecture, design optimization, complex modeling, distributed modeling.

Гостев В.М., Девятков Т.В., Федотов М.В., Хайбуллин Ш.Д., Абашев М.М. Анализ логистических процессов производственного цеха с использованием ИМ.

Показан процесс разработки производственных процессов цеха с детальным учетом внутренней логистики движения материалов, заготовок, транспорта и обслуживающего их персонала. Модель создается автоматически генератором моделей, после обработки файлов: сменно-суточного задания (вырабатываемыми MES системой), технологии и метафайла с данными о подсистеме логистики. В результате создается имитационное приложение, которое позволяет пользователю проводить исследование в соответствии с

концепцией No code. Дальнейшим развитием работы является более полная интеграция имитационного приложения и MES системы для оперативного использования имитационной модели в качестве интеллектуального подсказчика в процессах производственного планирования.

Ключевые слова: производственные процессы, внутренняя логистика, имитационное моделирование, MES система, оптимизация планирования.

Gostev Vadim M., Devyatkov Timur V., Fedotov Maksim V., Khaibullin Shamil D., Abashev Mansur M. Analysis of the logistics processes of the production shop using simulation&modeling.

The process of developing the production processes of the workshop is shown with detailed consideration of the internal logistics of the movement of materials, blanks, transport and their maintenance personnel. The model itself is created automatically by the model generator, after processing the files: a daily shift assignment (generated by the MES system), technology, and a meta file with data on the logistics subsystem. As a result, a simulation application is being created that allows the user to conduct research in accordance with the No code concept. Further development of the work is a more complete integration of the simulation application and the MES system for the operational use of the simulation model as an intelligent prompter in production planning processes.

Ключевые слова: manufacturing processes, internal logistics, simulation, MES system, production planning optimization.

Гурьянов В.И. Реализация системной парадигмы в языке имитационного моделирования UML2 SP.

В статье рассматривается методология SSP разработки программ-симуляторов. Методология SSP является адаптацией методологии Unified Process под задачи имитационного моделирования. Показана тесная связь SSP и системного подхода. Дано изложение системного подхода в терминах SSP. Впервые предложен метод экспликаций как метод агрегации (синтеза систем).

Ключевые слова: методология имитационного моделирования, UML, UML профиль, системный подход, системный анализ, синтез систем.

Gurianov Vasyliy I. Implementation of the system paradigm in the UML2 SP simulation language.

The article discusses the SSP methodology for developing simulation programs. The SSP methodology is an adaptation of the Unified Process methodology for the tasks of simulation modeling. The article shows a close connection between SSP and the system approach. An exposition of the system approach in terms of SSP is given. For the first time, the method of explications is proposed as an aggregation method (synthesis of a systems).

Keywords: simulation methodology, UML, UML profile, system approach, system analysis, synthesis of a systems.

Девятков В.В., Девятков Т.В., Федотов М.В. Синергия комплексного использования имитационного моделирования, алгоритмов искусственного интеллекта и квантовых вычислений.

В статье описаны история, текущее состояние и перспективы развития имитационного моделирования в России. История развития метода, основные вехи на этом пути, успехи временные неудачи показаны с помощью широко известного способа описания развития технологий – цикла развития технологий Гартнера. Проведена оценка и подтверждена большая перспектива и потенциал рынка имитационного моделирования в России на

2025-2030 годы. Выделены основные тенденции развития и применения имитационного моделирования: создание комплексных программных платформ; расширение области применения метода за счет повышения общей производительности вычисления, появление возможности использования модели для выработки управляющих воздействий в цифровых двойниках, взаимодополнение и взаимообогащение методов имитационного моделирования и искусственного интеллекта, гибридное использование квантовых вычислений для повышения поиска оптимальных решений и др. Приведены примеры последних разработок, подтверждающих основные тренды развития имитационного моделирования. Сформулированы основные выводы по состоянию имитационного моделирования в России и основных направлениях его дальнейшего развития.

Ключевые слова: имитационное моделирование, междисциплинарные модели, программная платформа ALINA GPSS, цифровой двойник, искусственный интеллект, оптимизация, квантовые вычисления.

Devyatkov V.V., Devyatkov T.V., Fedotov M.V. The synergy of integrated use of simulation modeling, artificial intelligence algorithms and quantum computing.

The article describes the history, current state and prospects of development of simulation modeling in Russia. The history of the method's development, the main milestones along the way, and successes and failures are shown using a well-known method of describing technology development - the Gartner technology development cycle. The assessment has been carried out and the great prospect and potential of the simulation modeling market in Russia for 2025-2030 has been confirmed. The main trends in the development and application of simulation modeling are highlighted: the creation of integrated software platforms; expanding the scope of the method by increasing the overall computing performance, the possibility of using the model to generate control actions in digital doubles, complementarity and mutual enrichment of simulation and artificial intelligence methods, hybrid use of quantum computing to enhance the search for optimal solutions, etc. Examples of recent developments confirming the main trends in the development of simulation modeling are given. The main conclusions on the state of simulation modeling in Russia and the main directions of its further development are formulated.

Keywords: simulation, interdisciplinary models, ALINA GPSS software platform, digital twin, artificial intelligence, optimization, quantum computing.

Добронец Б.С., Попова О.А. Надежное моделирование в задачах управления инвестиционным риском в условиях неполной информации.

В работе рассматривается проблема надежного моделирования в задачах управления рисками. Предлагается новый подход, основанный на использовании вычислительного вероятностного анализа, в том числе распределений второго порядка. Это дает возможность количественно оценить вероятностную неопределенность инвестиционного риска. На основе модели Гомперца рассматривается численный пример оценки рисков инвестиционных проектов выхода нового продукта на рынок.

Ключевые слова: оценки риска, вычислительный вероятностный анализ, распределения второго порядка, количественная оценка неопределенности, модель Гомперца.

Dobronets Boris S., Popova Olga A. Reliable Modeling Problems of Investment Risk Management under Incomplete Information.

The paper considers the problem of reliable modeling in risk management tasks. A new approach based on the use of computational probabilistic analysis, including second-order

distributions, is proposed. This makes it possible to quantitatively estimate the probabilistic uncertainty of investment risk. The paper, based on the Gompertz model, considers a numerical example of assessing the risks of investment projects for the launch of a new product on the market.

Keywords: risk assessments, computational probability analysis, second-order distributions, uncertainty quantification, Gompertz model.

Долматов М.А., Железов Ю.А., Плотников А.М. Применение специализированного имитационного приложения для проведения технологической экспертизы сроков строительства судовых заказов.

Изложен практический опыт применения имитационного моделирования для решения задачи оценки продолжительности постройки судов. Работа выполнялась в рамках договора на проведение технологической экспертизы сроков строительства двух научно-исследовательских судов. Разработанная имитационная модель охватывала все основные этапы строительства – от поступления конструкторской документации до сдачи судов. Для создания модели использованы данные, полученные с предприятия. Формирование модели выполнялось в среде специализированного приложения АС «Сириус» 2.0.

Ключевые слова: бригада, длительность операций, длительность постройки, блок, имитационная модель, секция, стапель, судовой заказ, технологическая экспертиза, эксперимент.

Dolmatov Mikhail A., Zhelezov Yuri A., Plotnikov Alexander M. Using a specialized simulation application for technological assessment of shipbuilding schedules.

The article presents practical experience of using simulation to solve the problem of estimating the duration of ship construction. The work was carried out within the framework of a contract for conducting a technological examination of the construction time of two research vessels. The developed simulation model covered all the main stages of construction - from the receipt of design documentation to the delivery of ships. Data obtained from the enterprise were used to create the model. The model was formed in the environment of the specialized application AS «Sirius» 2.0.

Keywords: work team, operation duration, construction duration, block, simulation model, section, slipway, ship order, technological expertise, experiment.

Долматов М.А., Макурин А.О. Применение имитационного моделирования в зарубежном судостроении: обзор мировой практики.

Обзор систематизирует зарубежный опыт применения имитационного моделирования в судостроении за период с 2015 по 2024 г. Рассмотрены проекты с применением дискретно-событийных, агентных и гибридных моделей, а также их интеграции с информационными системами предприятий для задач календарного и оперативного планирования, решения логистических задач, оценки загрузки мощностей и верификации среднесрочных планов. Показаны полученные эффекты: сокращение времени операций, снижение числа задержек (при переходе к моделям «обратного» планирования), повышение точности планирования, выявление «узких мест» и балансировка ресурсов; рост производительности. Выявлены тенденции: переход от решения локальных инженерных задач к сквозной поддержке жизненного цикла изделия; широкое использование универсальных симуляторов (Plant Simulation, AnyLogic, SIMIO, ExtendSim и др.); усиление связки «имитационное моделирование + оптимизация».

Ключевые слова: обзор, имитационное моделирование, судостроение, верфь, тенденции, дискретно-событийное моделирование, оптимизация, логистика, календарное планирование, MES, ERP, агентные модели.

Dolmatov Mikhail A., Makurin Artemy O. Application of simulation in international shipbuilding: A review of global practices.

This review systematizes international experience with the use of simulation in shipbuilding over the period 2015-2024. It examines projects that employ discrete-event, agent-based, and hybrid models, as well as their integration with enterprise information systems for master and operational scheduling, solving logistics problems, assessing capacity utilization, and verifying medium-term plans. The following effects are demonstrated: reduced operation times, fewer delays, and improved planning accuracy, identification of bottlenecks and resource balancing, and productivity gains. The identified trends include a shift from solving local engineering tasks to end-to-end support of the product life cycle; Widespread use of general-purpose simulators (Plant Simulation, AnyLogic, SIMIO, ExtendSim, etc.); and a tighter coupling of «simulation + optimization».

Keywords: review, simulation, shipyard, shipbuilding, trends, discrete-event simulation, optimization, logistics, production scheduling, MES, ERP, agent-based modeling.

Долматов М.А., Макурин А.О., Плотников А.М. Учет климатических факторов при выполнении имитационных исследований процесса строительства судов.

В статье исследован вопрос влияния климатических факторов на продолжительность строительства судов. Исследование выполнено на имитационной модели одного из судостроительных предприятий. Разработанная имитационная модель охватывает все основные этапы строительства – от поступления конструкторской документации до сдачи судов. Для создания модели использованы данные, полученные с предприятия. Формирование модели выполнялось в среде специализированного приложения АС «Сириус» 2.0.

Ключевые слова: длительность операций, длительность постройки, блок, климатические условия, ледостав, имитационная модель, секция, стапель, судно, судовой заказ, эксперимент.

Dolmatov Mikhail A., Makurin Artemy O., Plotnikov Alexander M. Consideration of climatic factors in the simulation research of the ship construction process.

The article examines the issue of the influence of climatic factors on the duration of ship construction. The research was conducted using a simulation model of one of the shipbuilding enterprises. The developed simulation model covers all the main stages of construction – from the receipt of design documentation to the delivery of the vessels. Data obtained from the enterprise were used to create the model. The model was formed in the environment of the specialized application AS «Sirius» 2.0.

Keywords: operation duration, construction duration, block, climatic conditions, freeze-up, simulation model, section, slipway, ship, ship order, technological expertise, experiment.

Долматов М.А., Плотников А.М., Харитонов В.А. Статистическая обработка результатов имитационного моделирования судостроительных производств.

В статье описан подход к автоматизации обработки статистических данных по функционированию судостроительных производств, полученных в результате имитационных исследований с применением специализированного приложения АС «Сириус» 2.0. Автоматизация реализуется за счет программного модуля «Статистика».

Приводятся описание функциональных возможностей модуля и направления его дальнейшего развития.

Ключевые слова: судостроение, имитационное моделирование, обработка результатов, статистика, длительность постройки, производственная программа, ресурсы.

Dolmatov Mikhail A., Plotnikov Alexander M., Kharitonov Vladimir A. Statistical processing of the results of simulation of shipbuilding productions.

The article describes an approach to automating the processing of statistical data on the functioning of shipbuilding manufacturings, obtained from simulation studies using the specialized application AS «Sirius» 2.0. Automation is implemented through a software module «Statistics». The description of the module's functional capabilities and the directions for its further development are provided.

Keywords: shipbuilding, simulation, results processing, statistics, construction duration, production program, resources.

Дорошенко Т.А., Россошанская Е.А. Оценка потенциальных эффектов мер государственной политики на базе имитационного моделирования демографических процессов.

Работа посвящена исследованию перспектив демографического развития Дальнего Востока с применением агент-ориентированного подхода. В статье описываются виды и примеры вычислительных экспериментов, которые позволяет проводить агент-ориентированная демографическая модель Дальнего Востока, разрабатываемая в ФАНУ «Востокгосплан». Результаты сценарных расчётов предназначены для использования в работе Минвостокразвития России.

Ключевые слова: агент-ориентированное моделирование, искусственное общество, стратегическое планирование, демографический прогноз, региональное управление, Дальний Восток.

Doroshenko Tatyana A., Rossoshanskaya Elena A. Assessment of the potential effects of state policy measures based on simulation modeling of demographic processes.

The work is devoted to the study of the prospects for demographic development of the Far East using an agent-based approach. The article describes the types and examples of computational experiments that can be carried out using an agent-based demographic model of the Far East, which is being developed at the Federal State Institution «Vostokgosplan». The results of scenario calculations are intended for use in the work of the Ministry for the Development of the Russian Far East.

Keywords: agent-based modeling, artificial society, strategic planning, demographic forecast, regional management, Far East.

Дригола В.К., Алексеев А.В. Моделирование качества распределенных систем управления сложными организационно-техническими системами ВМФ.

Рассмотрена актуальная задача моделирования качества распределенных систем управления (PCY) сложными организационно-техническими системами ВМФ. Предложен комплексный подход, основанный на принципах многоаспектного моделирования и интеграции разнородных парадигм. Разработана гибридная метамодель, позволяющая оценивать взаимовлияние ключевых атрибутов качества. Практическая значимость работы подтверждена применением предложенного подхода к системе управления корабельным вооружением. Результаты показывают возможность достижения сбалансированных показателей качества при проектировании перспективных PCY для ВМФ.

Ключевые слова: распределенные системы управления, сложные организационно-технические системы, моделирование качества, многоаспектное моделирование.

Drigola Vladimir K., Alekseev Anatoly V. Modeling the quality of distributed control systems complex organizational and technical systems of the NAV.

Optimization methods in simulation and complex modeling for solving any of the applied tasks are the most significant, as they allow us to substantiate design proposals for improving the object of modeling. They are even more important in parametric optimization of system quality indicators of objects and their groups. Based on the use of the root sensitivity method and its implementation in the KSPR-23 Robotic Design Complex developed by St. Petersburg State Maritime Technical University, a methodology and an example of optimizing design solutions for a marine engineering facility such as the Automated Design Decision Support System (ASPS) are presented, the theoretical provisions of its development are systematized, the advantageous properties and criteria are formulated. and quality indicators. It is shown that the system indicators of their quality, validity and competitiveness should be considered as the primary requirement and criterion for optimizing ASPS.

Keywords: integrated modeling, management intellectualization, root sensitivity method, validity, competitive ability.

Дьячук А.К., Чекарева Е.В. Методика обучения с подкреплением, применяемая для моделирования процессов роевого управления объектами.

В данной статье рассматриваются применение методики обучения с подкреплением в моделирование процессов роевого управления беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Эффективная координация роя БПЛА является ключевой задачей в гражданских и поисково-спасательных миссиях. В работе анализируется преимущество предложенной методики в сравнении с классическими методами координации роя. Проведённые эксперименты продемонстрировали корректное поведение агентов при различных начальных условиях и неопределенностях.

Ключевые слова: роевой интеллект, планирование, нейронные сети, глубокое обучение, метод потенциальных полей, цикл Бойда, обучение с подкреплением.

Dyachuk A.K., Chekareva E.V. A Reinforcement Learning methodology for modeling swarm-based control objects.

This article examines the application of a Reinforcement Learning (RL) methodology for modeling the swarm control of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). Effective coordination of a UAV swarm is a key challenge in civil and search-and-rescue missions. The paper analyzes the advantages of the proposed approach in comparison with classical swarm coordination methods. The conducted experiments demonstrated the robust behavior of the agents under various initial conditions and uncertainties.

Keywords: swarm intelligence, planning, neural networks, deep learning, potential field method, Boyd's cycle, reinforcement learning.

Жирохов А.И., Ануфренко А.В., Ковальский И.В., Снятков М.А. Сравнительный анализ программного обеспечения для моделирования динамических VPN-сетей.

В статье проведен сравнительный анализ программных эмуляторов и симуляторов для моделирования динамических VPN-сетей. В качестве основного инструмента выбрана виртуальная лаборатория PNetLab, обладающая наилучшим сочетанием функциональности и производительности. Подтверждена целесообразность её использования для создания имитационной модели DVPN-сети, позволяющей

исследовать различные подходы построения, нагрузочные, функциональные параметры и внешние воздействия.

Ключевые слова: Динамические VPN, моделирование сетей, имитационное моделирование, PNetLab, сетевые эмуляторы, цифровые двойники, телекоммуникации.

Zhirokhov Andrey I., Anufrenko Alexander V., Kovalsky Igor V., Snyatkov Maxim A. Comparative analysis of software for modeling dynamic VPN networks.

The article provides a comparative analysis of software emulators and simulators for modeling dynamic VPN networks. The PNetLab virtual laboratory, which has the best combination of functionality and performance, has been chosen as the main tool. The expediency of using it to create a simulation model of a DVPN network, which makes it possible to study load, functional parameters and external influences, has been confirmed.

Keywords: dynamic VPNs, network modeling, simulation modeling, PNetLab, network emulators, digital twins, telecommunications.

Заринов Е.А., Акопов А.С. Оптимизация транспортных потоков в многоагентных интеллектуальных транспортных системах с использованием роевых и генетических алгоритмов.

Захаров В.В., Барашенков Н.А. Комбинированная модель планирования функционирования транспортно-логистической системы аэропорта.

В докладе приведены результаты исследования процессов функционирования транспортно-логистической системы. Рассматривается совокупность операций дополетного обслуживания разнотипных воздушных средств на территории аэропорта. Разработан полимодельный комплекс на базе согласования логико-динамических и имитационных моделей. Координация реализована на уровне параметров ресурсов. Описан алгоритм решения большеразмерной, нестационарной, многокритериальной задачи теории расписаний.

Ключевые слова: полимодельный комплекс, аналитико-имитационное моделирование.

Zakharov Valerii V., Barashenkov Nikolai A. Combined planning and scheduling model for the airport's transport and logistics system.

The report presents the results of a study of the functioning of the transport and logistics system. A set of pre-flight maintenance operations for various types of aircraft at the airport is considered. A polymodel complex has been developed based on the coordination of logical-dynamic and simulation models. Coordination is implemented at the level of resource parameters. An algorithm for solving a large-scale, non-stationary, multi-criteria problem of schedule theory is described.

Keywords: polymodel complex, analytical and simulation modeling and simulation.

Зизевский В.А., Симонова К.О. Программный комплекс оценки и предсказания параметров распределений пакетного трафика реального времени в сетях связи специального назначения.

В работе представлен программный комплекс активного мониторинга и краткосрочного прогнозирования временных характеристик качества обслуживания (Quality of Service, QoS) в мультисервисных сетях связи специального назначения (МСС СН).

Разработанный комплекс реализован в виде веб-приложения на базе Dash/Plotly и использует активные ICMP-измерения. В процессе работы формируются ICMP Echo Request-пакеты к заданному адресу назначения, фиксируются ответы, вычисляется время кругового прохода (Round-Trip Time, RTT), ведётся учёт потерь и обеспечивается

равномерная дискретизация по времени. Все измерения буферизуются в скользящем окне фиксированного размера, что позволяет рассчитывать агрегированные показатели и обновлять визуализацию в реальном времени. Статистический анализ задержек ориентирован на выявление тяжёлых хвостов распределений.

Для прогнозирования решаются две взаимосвязанные задачи. Первая – экстраполяция параметра хвоста α на несколько шагов вперёд методом полиномиальной регрессии с доверительной областью на основе остатков и оценкой точности прогноза по метрикам R^2 , MAE и RMSE. Вторая – прогноз задержки RTT с оценкой вероятности выброса (экстремального всплеска), при этом порог определяется робастно как максимум из IQR- и MAD-критериев. Вероятность превышения рассчитывается на основе нормальной аппроксимации остатков. Для завершённых прогнозов автоматически подсчитываются метрики precision, recall, F1-score и Brier score, что обеспечивает количественную валидацию результатов в режиме реального времени.

Практическая значимость комплекса заключается в интеграции трёх возможностей: репрезентативного измерения RTT с учётом потерь, статистической идентификации распределений задержек и тяжёлых хвостов, а также интерпретируемого краткосрочного прогноза задержки и риска экстремальных всплесков. Комплекс не требует специализированного оборудования и может использоваться для оперативного контроля QoS и поддержки управленческих решений в узлах МСС СН.

Ключевые слова: качество обслуживания, джиттер, тяжёлые хвосты распределений, статистическая идентификация, прогнозирование временных рядов, доверительные интервалы, активный мониторинг.

Zizevsky Vadim A., Simonova Karina O. Software system for active monitoring and short-term forecasting with confidence intervals of temporal quality of service characteristics in special-purpose multiservice communication networks.

This paper presents a software system for active monitoring and short-term forecasting of Quality of Service (QoS) temporal characteristics in special-purpose multiservice communication networks. The proposed system is implemented as a Dash/Plotly-based web application and relies on active ICMP probing. ICMP Echo Request packets are periodically generated to a configurable destination address, responses are recorded, Round-Trip Time (RTT) is computed, packet loss is tracked, and uniform temporal discretization is maintained. All measurements are stored in a sliding window buffer, enabling stable aggregate calculations and real-time visualization updates.

Statistical analysis focuses on heavy-tailed delay distributions. Two related forecasting tasks are addressed. First, the trajectory of the tail index α is extrapolated several steps ahead using polynomial regression, with confidence bounds derived from residual variance and prediction quality assessed by R^2 , MAE, and RMSE. Second, RTT itself is forecasted and the probability of outliers (extreme spikes) is estimated, with the threshold determined robustly as the maximum of the IQR- and MAD-based criteria. Exceedance probabilities are computed via normal residual approximation. For realized predictions, performance metrics such as precision, recall, F1-score, and Brier score are calculated automatically, providing quantitative validation of spike detection in real time.

The practical significance of the system lies in integrating three complementary capabilities: representative RTT measurement with loss accounting, statistical identification of delay distributions and heavy tails, and interpretable short-term forecasting of delay and spike risk. The system does not require specialized network hardware and can be deployed at nodes of special-purpose multiservice networks to ensure operational QoS monitoring and support management decisions in near-threshold operating regimes.

Keywords: quality of service, jitter, heavy-tailed distributions, statistical identification, time series forecasting, confidence intervals, active monitoring.

Зиновьев В.В., Николаев П.И., Кузнецов И.С. Имитационное моделирование мероприятий по снижению газодинамической опасности угольного пласта при проведении конвейерного штрека.

В статье представлены результаты применения имитационного моделирования организации работ при проведении горной выработки на угольной шахте с учетом вероятностной природы процессов газовыделения и эффективности мероприятий по профилактической дегазации угольного пласта. Приведены некоторые результаты имитационных экспериментов, по исследованию влияния применения дополнительных мероприятий по профилактической дегазации на скорость проводимой выработки.

Ключевые слова: имитационное моделирование, угольная шахта, проведение горных выработок, организация работ, принятие решений.

Sinoviev Vasily V., Nikolaev Petr I., Kuznetsov Igor S. Simulated modeling of events to reduce gas dynamic hazard of the coal seam during the conducting of conveyor drifts.

The article presents the results of applying simulation modeling of work organization during coal mining in a coal mine, taking into account the probabilistic nature of gas emission processes and the effectiveness of preventive degasification measures of the coal seam. Some results of simulation experiments are provided, studying the impact of additional preventive degasification measures on the rate of mining conducted.

Keywords: simulation, coal mine, conducting mining operations, organizing work, decision making.

Иванов К.В., Ермаков П.В., Анищенко А.А., Беляков С.А., Евтушенко И.В., Голяков А.В. Единая платформа имитационного моделирования.

Доклад содержит краткий обзор возможностей и принципов построения программного обеспечения единой платформы имитационного моделирования, создаваемого для использования в качестве базовой программной составляющей совместимых между собой моделей и комплексов имитационного моделирования. Рассмотрены подходы и архитектурные решения, обеспечивающие простоту и гибкость настройки компонентов платформы на работу с учётом особенностей целевых комплексов имитационного моделирования, создаваемых на её основе. Описаны решения, обеспечивающие совместимость и повторное использование разрабатываемых моделей.

Ключевые слова: имитационное моделирование, единая платформа имитационного моделирования, совместимые модели, унификация моделей, программное обеспечение имитационного моделирования, разработка комплексов имитационного моделирования, повторное использование компонентов комплексов имитационного моделирования, базовые составляющие комплексов имитационного моделирования.

Ivanov Konstantin V., Ermakov Pavel V., Anishchenko Andrey A., Belyakov Sergey A., Evtushenko Ivan V., Golyakov Aleksandr V. Unified simulation platform.

The report provides a brief overview of the capabilities and principles of constructing software for a unified simulation platform to be used as the basic software component of compatible models and simulation complexes. Approaches and architectural solutions providing simplicity and flexibility of setting up platform components for operation taking into account the features of target simulation complexes created on its basis are considered. Solutions for interoperability and reuse of development models are described.

Keywords: simulation, unified simulation platform, compatible models, unification of models, simulation software, development of simulation complexes, reuse of components of simulation complexes, basic components of simulation complexes.

Искандеров Ю.М. Мультиагентная модель риск-менеджмента цифровой сети поставок

Представлен подход к созданию мультиагентной модели риск-менеджмента, направленной на решение важнейшей задачи логистического провайдера – обеспечение жизнеспособности интегрированных цепей поставок при их формировании и управлении. Отмечены значимость реализации концепции «цифровой сети поставок» и возможность перехода к управлению интегрированными цепями поставок на основе данных, т.е. использования технологии Data Driven Management. Представлена общая структура системы управления рисками в интегрированных цепях поставок. Показано, что релевантным инструментом решения задачи обеспечения жизнеспособности интегрированных цепей поставок являются технологии мультиагентных систем. Дано представление соответствующей мультиагентной модели. Показано целевое взаимодействие между интеллектуальными агентами, обеспечивающее синергетический эффект при реализации разработанных стратегий управления риском. Отмечено, что наилучшим образом рассмотренная модель может быть реализована в составе платформы системы интеллектуальной поддержки менеджмента интегрированных цепей поставок.

Ключевые слова: мультиагентная модель, интеллектуальный агент, риск-менеджмент, интегрированная цепь поставок, жизнеспособность, стратегии управления рисками, система интеллектуальной поддержки.

Iskanderov Yuri M. Multi-agent risk management model for a digital supply chain.

This paper presents an approach to creating a multi-agent risk management model aimed at solving a key task for logistics providers: ensuring the viability of integrated supply chains during their formation and management. The paper highlights the importance of implementing the "digital supply chain" concept and the possibility of transitioning to data-driven integrated supply chain management, i.e., using Data Driven Management technology. The paper presents the general structure of a risk management system for integrated supply chains. It is shown that multi-agent systems technologies are a relevant tool for solving the problem of ensuring the viability of integrated supply chains. A presentation of the corresponding multi-agent model is given. The targeted interaction between intelligent agents is demonstrated, ensuring a synergistic effect in the implementation of the developed risk management strategies. It is noted that the considered model can best be implemented as part of a platform for an intelligent support system for integrated supply chain management.

Keywords: multi-agent model, intelligent agent, risk management, integrated supply chain, viability, risk management strategies, intelligent support system.

Калинов М.И., Родионов В.А. Имитационное моделирование при оценке возможностей обнаружения морских объектов космическими системами.

Определены основные недостатки существующих подходов к оценке периодичности наблюдения радиолокационными космическими системами (КС) за морскими объектами. Показаны основные достоинства и недостатки сценарно-временного метода оценки возможностей КС. Предложен разностно-долготный метод оценки возможностей КС. Выполнено имитационное моделирование и произведена оценка влияния разворота космического аппарата по крену на возможности КС. Сформулированы направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: космическая система, космический аппарат, метод, модель, моделирование, возможности, оценка.

Kalinov Mikhail I., Rodionov Vladislav A. Simulation modeling for assessing the capabilities of detecting marine objects by space systems.

The main shortcomings of the existing approaches to assessing the frequency of observation of marine objects by radar space system (SS) have been identified. The main advantages and disadvantages of the scenario-time method for assessing the capabilities of MO have been shown. A difference-longitude method for assessing the capabilities of SS has been proposed. Simulation modeling has been performed, and the impact of the spacecraft's roll on the capabilities of SS has been evaluated. Directions for further research have been formulated.

Keywords: Space system, spacecraft, method, model, simulation, capabilities, evaluation.

Карасев В.В. Энтропия сложных систем как мера риска.

Исследуется концепция энтропии как количественной меры риска для оценки состояния сложных систем различной природы. Показано, что энтропия связана с риском, безопасностью и надежностью через уровень неопределенности в системе. Представлены практические примеры применения энтропии для анализа операционных рисков, надежности информационных систем и экономической безопасности. Продемонстрирована применимость энтропии для решения задач управления рисками и обеспечения безопасности.

Ключевые слова: энтропия, риск, надежность, безопасность, информационные системы, экономическая безопасность.

Karasev Vasili V. Entropy of complex systems as a measure of risk.

In this paper we explore the concept of entropy as a quantitative measure of risk for assessing the state of various complex systems. We demonstrate the entropy is associated with risk, safety and reliability through the level of uncertainty in the system. Practical examples of the use of entropy for the analysis of operational risks, reliability of information systems and economic security are presented. The applicability of entropy for risk management and safety problems is demonstrated.

Keywords: entropy, risk, reliability, safety, information systems, economic security.

Кашо П.А., Кумарина М.М., Филяев М.П. Имитационное моделирование производственного процесса деревообрабатывающего предприятия.

Обосновывается актуальность применения методов и средств имитационного моделирования в управлении производственными процессами деревообрабатывающих предприятий в современных условиях организации производства. Обобщен и формализован типовой процесс деревообработки, определен перечень основных факторов, влияющих на его эффективность. Представлена упрощенная имитационная модель работы производственного цеха деревообрабатывающего предприятия, раскрыты её состав, логическая структура и перечень управляемых параметров, а также показан пример применения модели. Модель может успешно использоваться при подготовке специалистов по управлению производственными процессами деревообрабатывающих предприятий.

Ключевые слова: деревообработка, имитационная модель, логическая структура модели, производственный процесс, рациональная организация производства.

Kasho Pavel Aleksandrovich, Kumarina Maria Mikhailovna, Filyaev Mikhail Petrovich. Simulation of the production process of a woodworking enterprise.

The relevance of applying simulation methods and tools to managing production processes at woodworking enterprises in the modern context of industrial organization is substantiated. A typical woodworking process is summarized and formalized, and a list of the main factors influencing its efficiency is identified. A simplified simulation model of a woodworking enterprise production shop is presented, its composition, logical structure, and list of controllable parameters are described, and an example of its application is shown. In this version, the model can be successfully used in training specialists in managing production processes at woodworking enterprises.

Keywords: woodworking, simulation model, logical structure of the model, production process, rational organization of production.

Кимяев И.Т. Модельно-алгоритмическое обеспечение для решения задач анализа и выбора динамических характеристик контуров управления для поддержания жизнеспособности сложных объектов.

В статье рассматривается концептуальный подход к решению проблемы синтеза структуры интегрированных информационно-управляющих систем, встроенных в единый вертикально-интегрированный объект хозяйственной деятельности, для поддержания его в жизнеспособном состоянии. Под жизнеспособностью принимается свойство промышленного объекта, связанное с гарантированным поддержанием множества ключевых технологических, производственных и бизнес-показателей в требуемых диапазонах в течение жизненного цикла при нахождении под воздействием деструктивных факторов внешней (внутренней) среды. Главной особенностью предложенного подхода является формирование таких требований к условиям работы основных контуров управления, при которых снижается риск перехода объекта управления в так называемое невозвратное состояние, что, в свою очередь, обеспечивает поддержание управляемого производственного комплекса и его компонентов в жизнеспособном состоянии.

Ключевые слова: сложный объект, объект хозяйственной деятельности, интегрированная система управления, жизнеспособность, невозвратное состояние, динамические характеристики.

Kimyaev Igor T. Model-algorithmic support for solving problems of analysis and selection of dynamic characteristics of control loops to maintain the viability of complex systems.

The paper presents a conceptual approach to solving the problem of synthesizing the structure of integrated information and Management systems embedded within a unified vertically-integrated Business entity, aimed at maintaining its viability. Viability is defined as the property of an industrial system that ensures the guaranteed maintenance of a set of key technological, production, and business performance indicators within required ranges throughout its lifecycle, despite exposure to disruptive factors from the external or internal environment. The principal feature of the proposed approach lies in establishing requirements for operational conditions of the main control loops such that the risk of the controlled object transitioning into a so-called irreversible (non-recoverable) state is minimized. This, in turn, ensures the sustained viability of the managed production complex and its constituent components.

Keywords: complex system, business entity, integrated management system, viability, irreversible state, dynamic characteristics.

Кисленко Н.А., Литвин Ю.В., Обухов О.Е., Кулик В.С., Боронин И.А., Карпенко С.П. Разработка имитационно-аналитического комплекса анализа и оптимизации работы перерабатывающих производств нефтегазовой отрасли.

Для эффективного планирования и управления перерабатывающими предприятиями нефтегазовой отрасли разработан имитационно-аналитический комплекс, в основе которого лежит комбинированное моделирование технологических процессов и материальных потоков. Комплекс представляет цифровой двойник, детально отражающий особенности работы перерабатывающих предприятий. Практика использования продемонстрировала его высокую эффективность в части повышения точности планирования и поддержки принятия решений.

Ключевые слова: перерабатывающие предприятия, комбинированное моделирование, имитационное моделирование, оптимизация, разностные модели.

Kislenko Nikolay A., Litvin Yuri V., Obukhov Oleg E., Kulik Vasily S., Boronin Ivan S., Karpenko Sergey P. Simulation-analytical complex for the analysis and optimization of oil and gas processing operations.

For the effective planning and management of oil and gas processing enterprises, a simulation-analytical complex has been developed. It is based on the combined modeling of technological processes and material flows. This complex represents a digital twin that accurately reflects the specific operational details of processing plants. Practical application has demonstrated its high efficiency in improving planning accuracy and supporting decision-making.

Keywords: processing plants, combined modeling, simulation, optimization, difference models.

Клименко А.И., Гендрина И.Ю. Моделирование уходящего излучения подстилающей поверхности в условиях сферической атмосферы.

Актуальность исследования радиационных процессов в атмосфере связана с изменением климата и необходимостью понимания особенностей тепло-энергетического обмена. В работе выполнено моделирование переноса излучения в сферической атмосфере с учетом разных типов отражения и альбедо подстилающей поверхности, произведена оценка интегральных характеристик переноса излучения. Проведено сравнение с плоскопараллельной моделью и проанализировано влияние оптико-геометрических характеристик атмосферы и поверхности.

Ключевые слова: радиационный перенос, интегральные характеристики излучения, сферическая атмосфера, молекулярное рассеяние, отражение поверхности, альбедо.

Klimenko Anna I., Gendrina Irina Yu. Modeling of outgoing surface radiation in a spherical atmosphere.

The relevance of studying radiative processes in the atmosphere is driven by climate change and the need to better understand heat and energy exchange. This work presents radiative transfer modeling in a spherical atmosphere, accounting for different surface reflection types and albedo values, with an evaluation of integral radiative characteristics. Results are compared with a plane-parallel model. The influence of atmospheric and surface optical-geometric properties is analyzed.

Keywords: radiative transfer, integral radiation characteristics, spherical atmosphere, molecular scattering, surface reflection, albedo.

Кондратьев В.О., Строков А.В., Широков Е.Е., Чернышев В.Б. Имитационное моделирование автоматического формирования команд информационно-управляющей системой на основе данных контроля деструктивных воздействий.

Рассмотрены универсальные схемы моделирования информационно-управляющих систем различного типа, предназначенных для автоматического формирования управляющих команд (сигналов) и включающих информационные датчики и логический автомат. Приведена структура программного комплекса для реализации предложенных схем моделирования, а также пример экспериментов, направленных на оценку вероятностно-временных характеристик формирования информационно-управляющей системой управляющей команды.

Ключевые слова: логический автомат, управляющая команда, таймер, триггер, логическая функция, универсальная схема моделирования.

Kondratiev Vasilii O., Strokov Aleksandr V., Chernyshev Valerii B., Shirokov Evgenii E. Modeling of automatic generation of information and control systems commands based on data of control of destruction.

In the article presents universal modeling schemes of various types of information and control systems designed for the automatic generation of control commands (signals) and incorporating information sensors and finite-state machine. The structure of a software package for implementing the proposed modeling schemes is presented, along with examples of experimental evaluations of the probabilistic-time characteristics of control command generation.

Keywords: finite-state machine, control command, timer, trigger, logical function, universal modeling schemes.

Кононова А.А. Имитационное моделирование производства молочной продукции.

Имитационное моделирование – действенный метод для анализа сложных многопоточных производств. Была реализована модель с использованием дискретно-событийного подхода, которая охватывает все ключевые участки комбината. Проведено детальное описание каждого производственного процесса с объявлением используемых блоков, перечислены созданные переменные, параметры и агенты. Разработанная модель может служить основой для системы поддержки принятия управленческих решений. Её функциональность подтверждена методом визуального анализа 2D-анимации.

Ключевые слова: имитационное моделирование, молочное производство, AnyLogic, анализ, прогнозирование количества, многоагентное моделирование, оптимизация производства.

Kononova Alyona A. Simulation modeling of dairy production.

Simulation modeling is an effective method for analyzing complex multithreaded productions. A model using a discrete event approach was implemented, which covers all key areas of the plant. A detailed description of each production process is provided with an announcement of the blocks used, and the variables, parameters, and agents created are listed. The developed model can serve as the basis for a management decision support system. Its functionality is confirmed by the method of visual analysis of 2D animation.

Keywords: simulation, dairy production, AnyLogic, analysis, quantity forecasting, multi-agent modeling, production optimization.

Криворучко К.А., Максименко И.И. Имитационное моделирование в задаче распознавания недостоверной информации в сми с использованием методов глубокого обучения.

В работе предложен подход к автоматическому распознаванию недостоверной информации в русскоязычных СМИ с использованием методов глубокого обучения и имитационного моделирования. Разработана мультиагентная система, включающая генератор синтетических фейковых новостей на основе GPT-4o-mini и классификатор на базе BERT. Создан репрезентативный корпус из более чем 40 тысяч текстов. Модифицированная архитектура классификатора достигла точности 99,57%.

Ключевые слова: фейковые новости, глубокое обучение, BERT, имитационное моделирование, обработка естественного языка, русскоязычные медиа, генерация синтетических данных.

Krivoruchko Ksenia A., Maksimenko Igor I. Simulation modeling in the problem of recognizing false information in the media using deep learning methods.

The paper proposes an approach to automatic recognition of false information in Russian-language media using deep learning and simulation methods. A multi-agent system has been developed, including a synthetic fake news generator based on GPT-4o-mini and a BERT-based classifier. A representative corpus of more than 40 thousand texts has been created. The modified classifier architecture achieved 99.57% accuracy.

Keywords: fake news, deep learning, BERT, simulation, natural language processing, Russian-language media, synthetic data generation.

Кудряшов А.Н., Алёшин Е.Н. Интерактивная модель-тренажер для подготовки диспетчеров технологических процессов на основе многопозиционной сети Петри.

Представляется интерактивная имитационно-аналитическая модель для включения в состав тренажерных систем подготовки операторов-диспетчеров, которые контролируют и координируют различные технологические процессы: работу транспорта, производство, сервисы. Разработанную на основе использования многопозиционной сети Петри модель предполагается использовать как для подготовки соответствующих специалистов, так и для совершенствования технологии оперативного управления рассматриваемыми объектами.

Ключевые слова: граф, диспетчер, технологический процесс, технологическая операция управления, сеть Петри, позиция, переход.

Kudryashov Alexander N., Aleshin Evgeny N. Interactive simulator model for training process dispatchers based on a multi-position Petri net.

An interactive simulation and analytical model is presented for inclusion in training systems for dispatcher operators who control and coordinate various technological processes: the work of transport, production, services. The model developed based on the use of a multi-position Petri net is supposed to be used both for training relevant specialists and for improving the technology of operational management of the objects under consideration.

Keywords: dispatcher, technological process, technological control operation, Petri net, position, transition.

Кулешов А.В., Охтилев М.Ю., Охтилев П.А., Ничипорович О.П. Методология структурно-функционального синтеза вычислений в интеллектуальных автоматизированных системах мониторинга состояний сложных объектов.

В докладе рассмотрена методология структурно-функционального синтеза вычислений в интеллектуальных автоматизированных системах мониторинга состояний сложных

объектов в условиях наличия слабо формализуемых знаний, неполноты и недостоверности используемой информации. При этом рассматриваются проблемные вопросы дальнейшего совершенствования автоматизированных систем мониторинга состояния как одной из определяющих систем поддержки принятия решений для таких сложных объектов, как организационно-технических систем, агробиотехнических объектов, экологических, социально-экономических систем и пр. Предлагаемая методология базируется на описании указанных предметных областей в виде описанных здесь новых моделях, таких, как G-модели, G-сети.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, автоматизированная система мониторинга состояния, модель представления знаний, G-модель, схема программ вычислений, G-сеть.

Kuleshov Andrey V., Okhtilev Mikhail Yu., Okhtilev Pavel A., Nichiporovich Oleg P. Methodology of structural-functional synthesis of computations in intelligent automated systems for monitoring the states of complex objects.

The article considers the methodology of structural and functional synthesis of computations in intelligent automated systems for monitoring the states of complex objects in the presence of poorly formalized knowledge, incompleteness and unreliability of the information used. At the same time, problematic issues of further improvement of automated systems for monitoring the state as one of the defining systems for supporting decision-making for such complex objects as organizational and technical systems, agrobiotechnical objects, ecological, socio-economic systems, etc. are considered. The proposed methodology is based on the description of the specified subject areas in the form of new models described here, such as G-models, G-networks.

Keywords: decision support, automated state monitoring system, knowledge representation model, G-model, computational program scheme, G-network.

Кулик Б.А. Вероятностное пространство для методов и задач логико-вероятностного моделирования и вероятностной логики.

Для методов и задач логико-вероятностного моделирования надежности и безопасности структурно сложных систем и вероятностной логики предложено определение вероятностного пространства, в основу которого положена интерпретация языка первого порядка. Предлагается сжатое отображение этой интерпретации на основе алгебры кортежей. Данное определение позволяет с единых позиций рассмотреть многообразие методов совмещения вероятности и логики.

Ключевые слова: логико-вероятностное моделирование, вероятностная логика, вероятностное пространство, интерпретация, декартово произведение, алгебра кортежей.

Kulik Boris A. Probabilistic space for methods and problems of logical-probabilistic modeling and probabilistic logic.

For methods and problems of logical-probabilistic modeling of reliability and safety of structurally complex systems and probabilistic logic, a definition of a probabilistic space is proposed, which is based on the interpretation of a first-order language. A compressed representation of this interpretation based on the n-tuple algebra is proposed. This definition allows for a unified approach to considering a variety of methods for combining probability and logic.

Keywords: logical-probabilistic modeling, probabilistic logic, probabilistic space, interpretation, cartesian product, n-tuple algebra.

Куперштейн В.И. О совершенствовании методов долгосрочного и среднесрочного планирования постройки заказов применительно к условиям вытягивающего производства

При планировании производств единичного типа используют объёмно-календарное планирование. Этот метод прост, но его возможности определяются обоснованностью определения показателей объёма работ в каждом из календарных интервалов. Исследования показали, что показатели объёма работ можно формировать с помощью метода системной динамики, но это применимо для производств выталкивающего типа. Конкурентоспособность верфей требует организации вытягивающих производств. Представлен метод, позволяющий обоснованно формировать объёмно-календарные планы для таких производств.

Ключевые слова: моделирование, вытягивающее производство, долгосрочное планирование, единичное производство, объёмно-календарное планирование, математическое программирование, имитационное моделирование.

Kupershteyn Vladimir I. On improvement of the long-term and middle-term planning for ship construction in conditions of pull-out production

The planning of project-type production very often founded on method of volume - calendar planning. This method is very simple, but it's validity determined by estimating the work hours in each of the calendar intervals. Research has shown that work hours estimates can be founded on the system dynamics method. This model is applicable to push-type production. The competitiveness of shipyards requires a pull-type production. The article presents a method that makes it possible to reasonably determined estimations of volume - calendar plans for project-type industries. The algorithm of the model is described briefly and the margins of inaccuracy of the proposed method is estimated.

Keywords: modelling, pulling production, long-term planning, single production, volume and calendar scheduling, mathematical programming, simulation.

Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование стратегического развития социально-экономических систем: на пути к теории сложности и синергетике.

В статье представлен краткий критический и сравнительный анализ традиционных инструментов моделирования, применяемого в экономических и социальных науках с набирающими уже почти 30 лет активность подходами моделирования компьютерной экономики и социологии, а также рассмотрение конструктивных подходов к системно-динамическому (имитационному) моделированию процессов развития в социально-экономических системах с позиций теории сложности и базовых положений синергетики. Автор предлагает общий многопарадигмальный фреймворк для моделирования развивающихся социально-экономических систем, а также основные принципы построения модельных комплексов, описывающих различные страты развивающихся социально-экономических систем. Обозначены основные направления развития технологии системного моделирования в исследовании многоуровневых социально-экономических систем. В заключительной части обозначены ключевые, на взгляд автора, задачи и перспективы развития вычислительных методов, основанных на технологии имитационного моделирования, в приложениях к общественным и управленческим наукам, продвижения их в реальные проекты общественного развития и разработки политик.

Ключевые слова: развитие, социально-экономическая система, компьютерная экономика, компьютерная социология, теория сложности, синергетика, имитационное моделирование, системная динамика, агентно-ориентированное имитационное моделирование, технология системного моделирования.

Lychkina Natalia N. Simulation of the strategic development of socio-economic systems: advancing towards complexity theory and synergetics.

This article presents a brief critical and comparative analysis of traditional modeling tools used in economics and social sciences with basic approaches from Computational Economics and Computational Sociology, which have been gaining momentum for nearly 30 years. It also examines constructive approaches to simulation modeling of development processes in socio-economic systems from the perspective of complexity theory and basic provisions of synergetics. Approaches to the construction of multi-paradigm simulation models based on the principles of a composite combination of system dynamics and agent-based simulation modeling are proposed, while also delving into its structural principles for constructing model complexes describing the various strata of developing socio-economic systems. The mainstream trends in the development of system modelling technology in the study of multilevel socio-economic systems are outlined. The concluding section outlines the key, in the author's view, tasks and prospects for the development of computational methods based on simulation modeling technology in applications to the social and management sciences, as well as their advancement in real-world social development projects and policy.

Keywords: development, socio-economic system, computational economics, computational sociology, complexity theory, synergetics, simulation modeling, system dynamics, agent-based simulation modeling, systems modeling technology.

Макарова И.В., Бойко А.Д. Применение VR-технологий в проектировании процессов сборки грузовиков.

В статье рассматривается применение технологий виртуальной реальности (VR) для проектирования и оптимизации процессов сборки грузовых автомобилей. Анализируются ключевые проблемы, такие как высокая вариативность конфигураций, эргономические нагрузки на рабочих и интеграция цифровых данных. Предложено решение на базе Unreal Engine 5, позволяющее проводить реалистичную симуляцию сборки узлов с учётом физических свойств объектов. Показано, что использование VR способствует снижению издержек, улучшению условий труда и повышению качества продукции.

Ключевые слова: виртуальная реальность, сборка грузовиков, эргономика, имитационное моделирование, Unreal Engine, проектирование процессов, промышленное применение.

Makarova Irina V., Boyko Aleksey D. Application of VR Technologies in the Design of Truck Assembly Processes.

The article explores the application of virtual reality (VR) technologies for the design and optimization of truck assembly processes. Key issues such as high configuration variability, ergonomic workloads, and digital data integration are analyzed. A solution based on Unreal Engine 5 is proposed, enabling realistic simulation of assembly operations with physical properties. The use of VR is shown to reduce costs, improve working conditions, and enhance product quality.

Keywords: virtual reality, truck assembly, ergonomics, simulation, Unreal Engine, process design, industrial application.

Макеев А.А., Лебедев И.С. Повышение качества классификации на основе сегментации информационных последовательностей на примере сетевых атак

В работе исследуется влияние параметров сегментации (размер окна и сдвиг) на качество классификации информационных последовательностей. В качестве примера использован датасет сетевого трафика UNSW-NB15. Рассмотрены базовые алгоритмы

машинного обучения (Logistic Regression, Decision Tree, Naive Bayes). Показано, что сегментация повышает метрику F1 на 3–5 п.п. для Logistic Regression и Decision Tree и более чем на 40 п.п. для Naive Bayes, что подтверждает значимость выбора способа представления данных.

Ключевые слова: сегментация последовательностей, представление данных, классификация временных рядов, машинное обучение, оценка качества моделей, IDS.

Makeenko Alexander A., Lebedev Ilya S. Improving the quality of classification based on segmentation of information sequences: A case study of Network attacks.

The study examines the impact of segmentation parameters (window size and shift) on the quality of information sequence classification. The UNSW-NB15 network traffic dataset is used as an example. Basic machine learning algorithms (Logistic Regression, Decision Tree, Naive Bayes) are considered. It is shown that segmentation improves the F1 score by 3–5 p.p. for Logistic Regression and Decision Tree and by more than 40 p.p. for Naive Bayes, confirming the importance of data representation choice.

Keywords: sequence segmentation, data representation, time series classification, machine learning, model quality evaluation, IDS.

Маликов Р.Ф., Усманова А.Р. Учебные пособия по имитационному моделированию сложных систем.

В работе представлены учебные пособия, разработанные для освоения методологий статистического моделирования, моделирования динамических систем в среде Anydynamics и дискретно-событийных процессов в среде GPSS-Studio.

Ключевые слова: имитационное моделирование, дискретно-событийное моделирование, моделирование динамических систем, метод Монте-Карло, цифровой двойник, среды моделирования GPSS-Studio и Anydynamics.

Malikov R.F., Usmanova A.R. Textbooks on simulation modeling of complex systems.

This paper presents tutorials designed to teach statistical modeling methodologies, dynamic systems modeling in the Anydynamics environment, and discrete-event modeling in GPSS-Studio.

Keywords: simulation, discrete-event modeling, dynamic systems modeling, Monte Carlo method, digital twin, GPSS-Studio and Anydynamics modeling environments.

Малыханов А.А., Черненко В.Е., Шуравин А.Д. Какой может быть платформа для сложных дискретно-событийных имитационных моделей?

В статье рассматривается концепция построения платформы для разработки процессно-ориентированных дискретно-событийных имитационных моделей (ИМ). Подчеркивается, что создание подобных моделей является разновидностью разработки программного обеспечения (ПО), поэтому целесообразно максимально использовать стандартные средства и методы индустрии программирования. Описывается минимальный набор специализированных модулей, необходимых для практического применения платформы. Отмечается, что значительная часть трудозатрат при создании ИМ приходится на разработку и отладку логики планирования и диспетчеризации ресурсов. Аргументируется тезис о том, что применение программного кода имеет преимущества по сравнению с использованием визуальных языков моделирования. В заключение обозначаются возможные направления развития платформ для построения имитационных моделей.

Ключевые слова: имитационное моделирование, дискретно-событийное моделирование, разработка имитационных моделей, планирование и диспетчеризация

Malykhanov Andrey A., Chernenko Vitaliy E., Shuravin Artem D. Designing a platform for the effective development of discrete-event simulation models.

This paper discusses the concept of a platform for developing process-oriented discrete-event simulation models. It highlights that building such models can be regarded as a form of software engineering, and therefore benefits from adopting established tools and practices of the field. The paper outlines a minimal set of specialized modules essential for the platform's practical use. Particular attention is drawn to the fact that a large share of development effort is typically devoted to implementing and debugging resource scheduling and dispatching logic. It is further argued that programming code provides clear advantages over visual modeling languages. The paper concludes by identifying potential directions for the future evolution of platforms supporting simulation model development.

Keywords: simulation, discrete event modeling, software development, planning and dispatching.

Маряшина Д.Н., Девятков Т.В., Федотов М.В., Бабак С.В. Имитационное приложение для прогнозирования качества руды и управления рудопотоком.

Представлен опыт разработки имитационной модели и приложения, предназначенного для прогнозирования качественных характеристик калийной руды и управления рудопотоком в условиях различных производственных ситуаций и слабо прогнозируемой геологической обстановке. Основу решения составляет дискретно-событийная имитационная модель на GPSS World Core, воссоздающая ключевые процессы добычи и транспортировки руды с учётом технологических ограничений и особенностей логистики. Модель позволяет прогнозировать содержание хлорида калия и нерастворимого остатка и управлять маршрутизацией рудных потоков в целях стабилизации показателей на входе обогатительной фабрики, а также проверять выполнимость производственных планов. Инструмент ориентирован на поддержку принятия оперативных и стратегических решений.

Ключевые слова: имитационное моделирование, горнодобывающее предприятие, управление рудопотоком, прогнозирование качества руды, поддержка принятия решений.

Maryashina Darya N., Davyatkov Timur V., Fedotov Maksim V., Babak Sergey V. Simulation-based application for predicting ore quality and managing ore flow.

This article presents the experience of developing a simulation model and application intended for forecasting the quality characteristics of potash ore and managing ore flows under various production conditions and within poorly predictable geological settings. The proposed solution is based on a discrete-event simulation model implemented in GPSS World Core, which reproduces the key processes of ore extraction and transportation, taking into account technological constraints and logistics features. The model enables forecasting of potassium chloride content and insoluble residue, as well as the management of ore flow routing with the purpose of stabilizing input parameters of the beneficiation plant and verifying the feasibility of production plans. The developed tool is designed to support both operational and strategic decision-making.

Keywords: simulation, mining enterprise, ore flow management, ore quality forecasting, decision support.

Масленников А.В., Дикшев И.В., Медведков М.С., Ерофеев В.А. Компьютерная система имитационного моделирования WERTSIM для инженерного анализа сварки и родственных технологий.

В данной статье описывается отечественный CAE продукт (Computer-Aided Engineering) WeRTSim (Welding and Related Technologies Simulation), разработкой и развитием которого занимается российская компания АО "Юмосс". Он предназначен для имитационного моделирования и быстрых расчётов при сопровождении проектирования и реализации высокотемпературных процессов, объединяет различные технологии обработки металлов в одной информационной системе, включая различные виды сварки, поверхностное упрочнение, наплавку, пайку, поверхностное легирование, резку, перфорирование, аддитивные технологии для 3D-печати металлических изделий и др.

Особенностью системы является: рассмотрение при имитационном моделировании (численном анализе) только локальных зон плавления (пластической деформации), термического влияния и прилегающего металла (а не всей конструкции), что позволяет значительно сократить время расчёта; использование унифицированного математического аппарата к описанию общих для рассматриваемых процессов физических явлений и специфики каждого процесса в виде индивидуальных граничных условий; генерация расчётной сетки производится системой автоматически без участия пользователя; возможность расчёта параметров эквивалентного источника теплоты Голдака по результатам термодинамического анализа позволяет использовать результаты CAE WeRTSim в коммерческих FEM-программах, сокращая тем самым время на ручную калибровку этих параметров.

Ключевые слова: имитационное моделирование физических процессов и явлений, численный анализ, математическая модель, сварка и родственные технологии; инженерное программное обеспечение.

Maslennikov Alexander V., Dikshev Igor V., Medvedkov Maxim S., Erofeev Vladimir A. Computer simulation system WeRTSim for engineering analysis of welding and related technologies.

The article describes CAE software WeRTSim (Welding and Related Technologies Simulation), being developed by the russian company JSC "Yumoss". The system is designed for simulation as well as rapid computation during the design and implementation of high-temperature processes, integrating the following welding and related technologies within a single platform: various welding processes, surface hardening, deposition, surface alloying, cutting, metal additive manufacturing (3D printing), and others.

Key system features include: localized simulation modeling (numerical analysis) focusing only on melting (plastic deformation) zone, heat-affected zone and adjacent metal (rather than the entire structure), which significantly reduces the computation time; unified mathematical framework describing physical phenomena, common to all the processes, with process-specific boundary conditions; automatic mesh generation requiring no user interaction; calculation of Goldak equivalent heat source parameters (based on thermodynamic analysis), which enables their direct transfer into commercial FEM software, eliminating hereby manual parameter calibration..

Keywords: simulation of physical processes and phenomena, numeric analysis, mathematical model, welding and related technologies, engineering software.

Масленников А.В., Дикшев И.В., Медведков М.С., Ерофеев В.А. Применение пакета имитационного моделирования WeRTSim для инженерного анализа технологий сварки.

В данной статье приведены примеры применения отечественного CAE (Computer-Aided Engineering) продукта WeRTSim (Welding and Related Technologies Simulation) для решения (анализа) некоторых типовых задач проектирования сварочных процессов на примере сварки плавлением (GMAW-процесс) и сварки трением с перемешиванием (FSW-процесс). В частности, показаны возможности программного комплекса в расчёте формы и размеров сварного шва при многопроходной сварке плавящимся электродом нестандартного соединения из конструкционной стали и прогнозировании образования дефекта типа «Полость» при сварке трением с перемешиванием алюминиевого сплава. Отмечены особенности его применения. Разработкой и развитием продукта занимается российская компания АО "Юмосс".

Ключевые слова: имитационное моделирование, математическая модель, сварка и родственные технологии, инженерное программное обеспечение, проектирование технологии, оптимизация, GMAW-процесс, FSW-процесс, дефекты.

Maslennikov Alexander V., Dikshev Igor V., Medvedkov Maxim S., Erofeev Vladimir A. Application of the simulation package WeRTSim for engineering analysis of welding technologies.

This article describes the application of the Russian CAE (Computer-Aided Engineering) product WeRTSim (Welding and Related Technologies Simulation) to solve (analyze) some welding process design problems on the example of fusion welding (GMAW-process) and friction stir welding (FSW-process). In particular, the possibilities of the software system are shown: calculation of the shape and dimensions of the weld in multi-pass welding with a consumable electrode of a non-standard joint made of structural steel; prediction of the formation of a defect "Cavity" in friction stir welding of aluminum alloy. The peculiarities of its application are highlighted. The product is designed and developed by the Russian company JSC "Umosh".

Keywords: simulation, mathematical model, welding and related technologies, engineering software, design of technology, optimization, GMAW-process, FSW-process, defects.

Мендуров С.А. Интеллектуальная система поддержки принятия решений задач транспортной логистики.

Mendurov Sergey A. Intelligent decision support system transport logistics tasks.

Микони С.В. Оценивание качества профессионализма испытуемых моделированием отклонений от нормы.

Рассматривается задача оценивания качества профессионализма лётчиков. В качестве исходных данных используется информация, полученная в ходе испытаний пилотов на статокINETическую устойчивость. Оцениванию подлежат влияние испытаний на физиологическое и психофизиологическое состояние испытуемых. На основании испытаний представительной выборки пилотов выбирается вариант свёртки информации об испытаниях, принимаемый в качестве измерителя качества их профессионализма. Предложенный метод решения задачи совмещает классификацию испытуемых по отклонениям от нормы и их упорядочение по обобщённым оценкам принадлежности норме. Для решения задачи используется система выбора и ранжирования СВРЬ-М.

Ключевые слова: модель, многомерное оценивание, показатель, состояние, профессионализм, качество, имитационное моделирование.

Mikoni Stanislav V. Assessing the quality of professionalism of subjects by simulating deviations from the norm.

The problem of assessing the quality of pilot professionalism is considered. Information obtained during pilot statokinetic stability tests is used as the initial data. The impact of the tests on the physiological and psychophysiological state of the subjects is assessed. Based on the tests of a representative sample of pilots, a variant of the test data aggregation is selected as a measure of their professionalism. The proposed solution method combines the classification of subjects by deviations from the norm and their ordering by generalized assessments of their compliance with the norm. The SVIR-M selection and ranking system is used to solve the problem.

Keywords: model, multidimensional assessment, indicator, state, professionalism, quality, simulation.

Михальчук А.В., Алексеев А.В., Дригола В.К., Бондырев В.Е., Марьян В.Н., Корнева Ю.В. Метод исследования и программная поддержка цифровизации качества моделей, валидация и верификации цифровых двойников в судостроении.

На примере оценки валидности и верификации моделей класса «Цифровых двойников» в судостроении рассмотрена методика исследования и технология программной поддержки цифровизации качества моделей сложных организационно-технических систем, что, безусловно, сегодня имеет первостепенное значение. В развитие результатов предыдущих исследований цифровизации валидности и верификации рассмотрена возможность и приведена программная реализация на базе программного комплекса «КМ.4» и представлены количественные оценки валидности и верификации для 6 вариантов «цифровых двойников».

Ключевые слова: интеллектуальная поддержка принятия решений, программная реализация, качество моделей, верификация, валидность, цифровой двойник, многокритериальность, полимодельность.

Mikhalchuk Andrey V., Alekseev Anatoly V., Drigola Vladimir K., Bondyrev Vladimir E., Marian Vladimir N., Korneva Yu.V. Research method and software support for digitalization of model quality, validation and verification of digital counterparts in shipbuilding.

Using the example of assessing the validity and verification of models of the "Digital twins" class in shipbuilding, the research methodology and technology of software support for digitalization of the quality of models of complex organizational and technical systems are considered, which, of course, is of paramount importance today. As a follow-up to the results of previous studies on digitalization of validity and verification, the possibility is considered and a software implementation based on the KM.4 software package is presented, and quantitative estimates of validity and verification for 6 variants of "digital twins" are presented.

Keywords: intelligent decision support, software implementation, model quality, verification, validity, digital twin, multi-criteria, polymodel.

Паняев А.И., Филяев М.П. Особенности построения и применения специализированной среды имитационного моделирования процессов материально-технического обеспечения войск.

Обосновывается актуальность расширения применения методов и средств имитационного моделирования при подготовке военных специалистов в современных

условиях. Раскрываются проблемные вопросы применения известных инструментальных средств моделирования для разработки имитационных моделей процессов материально-технического обеспечения войск. Рассматриваются состав, структура, особенности построения и применения специализированной среды имитационного моделирования на основе концепции распределенного имитационного моделирования в соответствии со стандартом IEEE 1516-2010 (архитектурой HLA).

Ключевые слова: интеракция, комплексная имитационная модель, материально-техническое обеспечение, оперативно-тактические расчеты, распределенное имитационное моделирование, среда имитационного моделирования, федерат, федерация.

Panyaev Alexey Ivanovich, Filyaev Mikhail Petrovich. Features of construction and application of a specialized simulation environment for modelling the processes of logistic and technical support of troops.

The relevance of expanding the use of simulation methods and tools in training military specialists in modern conditions is substantiated. Problematic issues in the application of existing simulation tools for developing simulation models of troop logistics processes are explored. The composition, structure, and specific features of the construction and application of a specialized simulation environment based on the concept of distributed simulation in accordance with the IEEE 1516-2010 standard (HLA architecture) are discussed.

Keywords: interaction, complex simulation model, logistics, operational-tactical calculations, distributed simulation, simulation environment, federation, federation.

Павлов Д.А., Кормош А.О. Комплексное моделирование распределённой обработки и анализа телеметрической информации в системе информационно-телеметрического обеспечения.

Разработан новый подход, нацеленный на повышение эффективности контроля состояния бортовых систем космических аппаратов в условиях увеличения орбитальной группировки космических аппаратов. Ключевой особенностью данного подхода является внедрение механизма интеллектуального отбора наиболее значимых и репрезентативных наборов телеметрируемых параметров. Этот механизм базируется на комплексном учете таких критически важных аспектов, как высокая структурная изменчивость состояния бортовых систем, значительное тематическое и формальное разнообразие информационных потоков, а также объективные ограничения, накладываемые пропускной способностью каналов связи в рамках существующей архитектуры СИТО.

Конечной целью работы является оптимизация процедур анализа больших данных телеметрии через максимизацию их информационной отдачи при одновременном сокращении требуемого для обработки объема.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их непосредственного применения для совершенствования процессов планирования и рационального распределения массивов телеметрической информации. Это позволяет добиться равномерного распределения нагрузки на каналы связи СИТО, предотвратить их перегрузку и, как следствие, повысить общую пропускную способность, надежность и эффективность функционирования всей системы информационно-телеметрического обеспечения в целом.

Ключевые слова: система информационно-телеметрического обеспечения, алгоритмы обработки информации, диаграмма операций.

Pavlov Dmitriy A., Kormosh Alexey O. Comprehensive modelling of distributed processing and analysis of telemetry information in the information and telemetry support system.

A new approach aimed at improving the efficiency of monitoring the state of onboard spacecraft systems in the context of an increase in the orbital grouping of spacecraft is developed and proposed. The key feature of this approach is the introduction of a mechanism for intelligent selection of the most significant and representative sets of telemetry parameters. This mechanism is based on a comprehensive account of such critical aspects as the high structural variability of the state of onboard systems, a significant thematic and formal variety of information flows, as well as objective limitations imposed by the bandwidth of communication channels within the existing CITO architecture.

The practical significance of the obtained results lies in the possibility of their direct application for improving the planning processes and rational distribution of telemetry data arrays. This makes it possible to achieve an even distribution of the load on the CITO communication channels, prevent their overload and, as a result, increase the overall throughput, reliability and efficiency of the entire information and telemetry support system as a whole.

Keywords: information and telemetry support system, information processing algorithms, operation diagram.

Переварюха А.Ю. Метод имитационного моделирования пульсирующих эпидемических и инвазионных процессов на основе предикатов и гибридных структур.

Доклад посвящен развитию метода имитационного моделирования стремительно развивающихся биофизических процессов, таких как инвазии агрессивных видов и эпидемии в форме череды пиков активности возбудителя и эпидемических волн. Предложено формирование моделирующих структур с включенной логикой, задающей условия переопределения системы уравнений на основе отслеживания изменяющихся эволюционных характеристик и трансформирующихся параметров. Гибридная модель из набора выбираемых по заданным условиям переопределяемых функций активаций и демпфирования колебаний имитирует последствия событийной эволюции возбудителя. На основе алгоритмической реализации структуры переходов между режимами поведения в серии имитационных сценариев развития эпидемических волн в регионах в зависимости от факторов иммунизации и оценки действенности антиэпидемических мер. Получены сценарии развития эпидемической ситуации при смене доминирующих штаммов LB.8/XEC/XBB коронавируса в пяти регионах.

Ключевые слова: имитационное моделирование биофизических процессов, эпидемические волны, переходные колебательные режимы, гибридные вычислительные структуры.

Perevaryukha Andrey Yu. Simulation method for pulsating epidemic and invasive processes based on predicates and hybrid structures.

The report is devoted to the development of a method for simulating rapidly developing biophysical processes, such as invasions of aggressive species and epidemics in the form of a series of peaks in pathogen activity and epidemic waves. The paper proposes the formation of modeling structures with enabled logic that sets the conditions for redefining the system of equations based on tracking changing evolutionary characteristics and transforming parameters. A hybrid model from a set of redefined activation functions and oscillation damping selected according to specified conditions simulates the consequences of the event-driven evolution of the pathogen. Based on the algorithmic implementation of the structure of transitions between behavior modes in a series of simulating scenarios for the development of epidemic waves in

regions depending on immunization factors and an assessment of the effectiveness of anti-epidemic measures. Scenarios for the development of an epidemic situation with a change in the dominant strains LB.8/XEC/XBB of coronavirus in five regions are obtained.

Keywords: simulation of biophysical processes, epidemic waves, transient oscillatory modes, hybrid computing structures.

Перцев Н.В., Логинов К.К. Численное стохастическое моделирование межклеточных взаимодействий в задачах иммунологии.

Представлена непрерывно-дискретная стохастическая модель, описывающая динамику двух клеточных популяций с учетом контактного взаимодействия клеток и формирования комплекса из пар клеток различных популяций. Длительность существования комплекса, состоящего из пары клеток, описывается произвольным распределением, сосредоточенным на конечном промежутке времени. В качестве переменных модели используются численности клеточных популяций, численность образованных пар клеток и семейство уникальных типов образованных пар клеток, учитывающих предысторию их формирования. Представлены рекуррентные соотношения для переменных модели, алгоритм и результаты численного моделирования на основе метода Монте-Карло. В качестве приложения рассмотрена стохастическая модель, описывающая контактные взаимодействия зараженных клеток и естественных клеток-киллеров (NK-клеток).

Ключевые слова: непрерывно-дискретный случайный процесс, динамика популяций, метод Монте-Карло, семейство уникальных типов, вычислительный эксперимент.

Pertsev Nikolai V., Loginov Konstantin K. Numerical stochastic modeling of intercellular interactions in immunology tasks.

A continuous-discrete stochastic model that describes the dynamics of two cell populations taking into account contact interactions of cells and formation of a complex of cell pairs of different populations is presented. The duration of existence of a complex consisting of a cell pair is described by an arbitrary distribution concentrated on a finite time interval. The numbers of cell populations, the number of formed cell pairs, and a family of unique types of formed cell pairs that take into account the history of their formation are used as model variables. Recurrence relations for the model variables, an algorithm, and the results of numerical simulation based on the Monte Carlo method are presented. A stochastic model describing contact interactions of infected cells and natural killer cells (NK cells) is considered as an application.

Keywords: continuous-discrete random process, population dynamics, Monte Carlo method, family of unique types, computational experiment.

Поздняков С.С., Девятков Т.В., Федотов М.В. Проектирование без сомнений: применение платформы ALINA GPSS для определения оптимальных параметров нового производственного участка.

В статье представлен пример применения платформы моделирования ALINA GPSS для определения параметров работы нового производственного цеха по изготовлению типового изделия. Модель использовалась для определения возможности достижения заданного объема производства изделий с помощью нескольких технологий, определения необходимого и достаточного количества персонала и оборудования, а также выявление «узких» мест на производстве. В статье представлены примеры форм ввода данных и отчетных форм.

Ключевые слова: имитационное моделирование, ALINA GPSS, моделирование производства.

Pozdnyakov Sergey S., Fedotov Maxim V., Devyatkov Timur V. Design without doubt: application of ALINA GPSS for determining optimal parameters of a new production shop.

The article presents an example of applying the ALINA GPSS simulation platform to determine operational parameters for a new production shop. The model was used to assess the feasibility of achieving the target production volume using multiple technologies, determine the necessary and sufficient number of personnel and equipment, and identify production bottlenecks. The article includes examples of data input forms and reporting formats.

Keywords: simulation, ALINA GPSS, production simulation.

Пронякин Н.С., Федотов М.В., Девятков Т.В. Анализ загруженности транспортных магистралей в припортовой зоне Хасанского ТУ с помощью платформы RITM³ и ALINA GPSS.

В статье представлена программная система для проведения комплексного анализа загруженности транспортной инфраструктуры Хасанского транспортного узла, построенная на базе платформ RITM³ и ALINA GPSS. Инструмент даёт возможность исследователям из МГУ им. Невельского проводить различные эксперименты и выявлять ключевые факторы, влияющие на эффективность железнодорожных и автомобильных грузоперевозок, анализировать загруженность транспортной инфраструктуры и ее отдельных элементов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, RITM³, ALINA GPSS, транспортное моделирование, железнодорожные грузоперевозки.

Pronyakin N.S., Fedotov Maxim V., Devyatkov Timur V. Khasan transport hub sea port zone cargo traffic congestion analysis using RITM³ and ALINA GPSS platforms.

The article introduces a software system designed to perform an in-depth analysis of traffic congestion within the Khasan transport hub. This system is built upon the foundation of the RITM³ and ALINA GPSS platforms. The software provides researchers at the Maritime State University named after Admiral Nevelskoy with a powerful toolset to conduct extensive experiments such as identifying critical factors influencing the efficiency of both rail and road freight transportation etc.

Keywords: simulation, RITM³, ALINA GPSS, traffic simulation, railroad freight transportation.

Раменская А.В., Бектемиров Р.Р., Корнейченко Е.Н. Агентная модель поведения вкладчиков на рынке банковских услуг (вкладов).

Для стабильного функционирования банкам необходимо анализировать предпочтения и поведение своих клиентов. Высокое значение ключевой ставки отразилось на депозитной политике банков. Цель исследования – разработка имитационной модели поведения клиентов на региональном рынке банковских вкладов. Предложена агентная имитационная модель, описывающая рынок банковских вкладов в регионе с тремя банками и ограниченным количеством потенциальных вкладчиков. Рассмотрены два сценария внедрения нового вклада на рынок. Оценены доли банков после появления на рынке нового вклада с повышенной процентной ставкой.

Ключевые слова: имитационное моделирование, вклады, агентное моделирование, предпочтения вкладчиков, банки.

Ramenskaya Alina V., Bektemirov Rinat R., Korneichenko Ekaterina N. Agent-based Model of Depositors' Behavior in the Regional Market of Banking (deposits).

Banks need to analyze the preferences and behavior of their customers for stability. The high value of the key rate has affected the deposit policy of banks. The purpose of the study is to develop simulation model of customer behavior in the regional bank deposit market. The paper proposes an agent-based simulation model describing the bank deposit market in a region with three banks and a limited number of potential depositors. Two scenarios of introducing a new deposit to the market are considered. We assessed the market shares for banks after a new deposit with an increased interest rate appeared on the market.

Keywords: simulation, deposits, agent-based modeling, depositors' preferences, banks.

Рогов М.А. Использование смарт-контрактов с оракулом в виде ИИ-агента в деривативах.

По мере развития финансовой инженерии и современных технологий давно назревшая потребность в развитии методов альтернативной передачи риска (Alternative Risk Transfer, ART) получает новые перспективы. Актуальность проблемы передачи операционных и иных рисков на рынок помимо страховых программ чрезвычайно высока. В статье предлагается потенциальное решение в виде телематического хеджирования. Портфель индексных деривативов на операционные и иные риски может быть реализован в форме смарт-контрактов с встроенным искусственным интеллектом (нейросетью нужной топологии) в аппаратном оракуле в форме ИИ-агентов.

Ключевые слова: Alternative Risk Transfer (ART), Asset Health Index (AHI), «Нейрофинансовая теория», телематическое хеджирование, смарт-контракты, ИИ-агенты, активационная функция нейронов, платежная функция опционов.

Rogov Mikhail A. Using smart contracts with an oracle in the form of an AI agent in derivatives.

As financial engineering and modern technologies develop, the long-overdue need for the development of Alternative Risk Transfer (ART) methods is gaining new prospects. The problem of transferring operational and other risks to the market, beyond insurance programs, is extremely relevant. The article proposes a potential solution in the form of telematic hedging. A portfolio of index derivatives for operational and other risks can be implemented in the form of smart contracts with built-in artificial intelligence (a neural network of the required topology) in a hardware oracle in a form of AI-agents.

Keywords: Alternative Risk Transfer (ART), Asset Health Index (AHI), "Neurofinancial theory", telematic hedging, smart contracts, AI-agents, neuron activation function, option payoff function.

Рыженков А.В. Одиссея от модели промышленного цикла к экспериментальным обостренным режимам.

Марксистская макро модель L-2 охватывает четыре ОДУ, в ней стоимость рабочей силы, норма занятости, фондоотдача и норма накопления – фазовые переменные. Для проверки L-2 доказательством от противного (*contradictio in contrarium*) построена модель L-2-S с заменой оригинального уравнения для фондоотдачи «неоклассическим» уравнением на базе модели Р. Солоу, что меняет уравнения для норм занятости и накопления. Нарушения пропорционального и дифференциального регулирования порождают структурную и седловую неустойчивость; моделируемые обостренные режимы отражают действительные угрозы устойчивому развитию.

Ключевые слова: накопление капитала, промышленный цикл, государственно-монополистическое регулирование, «неоклассическая» модель Солоу, неравновесие.

Ryzhenkov A.V. Odyssey from the industrial cycle model to experimental aggravation modes.

Marxist macromodel L-2 encompasses four ODEs – for labour power value, employment ratio, output-capital ratio, accumulation rate. To test L-2 by contradiction (contradictio in contrarium), L-2-S replaces the original output-capital ratio equation with a «neoclassical» equation based on R. Solow's model that alters the employment ratio and accumulation rate equations. Violations of proportional and differential control cause structural and saddle-point instabilities; simulated aggravation modes reflect real threats to sustainable development.

Keywords: capital accumulation, industrial cycle, state-monopoly regulation, «neoclassical» Solow model, disequilibrium.

Самойлова К.В., Замятина Е.Б. Выявление и интерпретация узких мест в бизнес-процессах, основанные на знаниях.

В работе предложен подход к выявлению и интерпретации рисков в бизнес-процессах при помощи применения имитационного моделирования и онтологического подхода. Трансформация бизнес-процесса, описанного в одной из нотаций в имитационную модель, позволяет проанализировать его поведение в динамике и выявлять скрытые риски. Экспертная система, в основе которой лежит онтология, помогает интерпретировать риски и предлагает набор контрмер для их предотвращения. Тем самым расширяя возможности имитационного моделирования в рамках многомодельного подхода.

Ключевые слова: имитационное моделирование, онтологический подход, экспертная система, идентификация рисков, интерпретация рисков, многомодельный подход.

Samoilova K.V., Zamyatina E.B. Identification and interpretation of bottlenecks in business processes based on knowledge.

The paper proposes an approach to the identification and interpretation of risks in business processes using simulation modeling and an ontology-based approach. The transformation of a business process described in one of the notations into a simulation model makes it possible to analyze its dynamic behavior and to identify hidden risks. The expert system, based on an ontology, helps to interpret risks and provides a set of countermeasures for their mitigation. This extends the capabilities of simulation modeling within a multi-model approach.

Keywords: simulation, ontology-based approach, expert system, risk identification, risk interpretation, multi-model approach.

Скрышник М.А. Метод информационной поддержки принятия решений в автоматизированных системах управления специального назначения по оценке рисков в воздушном пространстве.

Предложен метод информационной поддержки принятия решений в автоматизированных системах управления для оценки рисков в воздушном пространстве. Метод основан на использовании нечеткой модели, позволяющей учитывать неопределённость данных об угрозах и автоматизировать процесс их оценки. Это сокращает время на анализ информации и повышает качество принимаемых решений.

Ключевые слова: имитационное моделирование, поддержка принятия решений, оценка рисков, воздушное пространство, информационная модель, формализация знаний, нечеткая логика, кластерный анализ.

Skrypnik Maksim A. Method of information support for decision-making in automated control systems for airspace risk assessment.

This paper presents a method of information support for decision-making in automated control systems for airspace risk assessment. The proposed method employs a fuzzy model to account for uncertainty in threat data and automate the threat evaluation process. This approach reduces the time required for analysis and improves the quality of decisions.

Keywords: simulation, decision support, risk assessment, airspace, information model, knowledge formalization, fuzzy logic, cluster analysis.

Соколов Б.В., Вивчарь Р.М., Птушкин А.И. Результаты применения методики оценивания адекватности многокритериальных имитационных моделей на основе анализа вероятности обеспечения точности выполнения всех задач моделирования.

В данной статье предлагается обсуждение результатов применения оригинальной методики оценивания адекватности многокритериальных имитационных моделей. В основе методики лежит новый подход к оцениванию адекватности названных моделей свободный от субъективизма за счет использования в качестве критерия адекватности вероятности обеспечения точности выполнения всех задач, стоящих перед моделируемыми процессами. Представлена структурная схема применения методики. Приведены результаты оценивания адекватности имитационных моделей процесса функционирования реальных сложных организационно-технических систем, эффективность которого представлена двумя показателями.

Ключевые слова: имитационное моделирование, многокритериальность, адекватность модели, эффективность, сложная организационно-техническая система.

Sokolov Boris V., Vivchar Roman M., Ptushkin Anatoly I. The results of the application of the methodology for assessing the adequacy of multi-criteria simulation models based on the analysis of the probability of ensuring the accuracy of all modeling tasks.

This article offers a discussion of the results of the application of the original methodology for assessing the adequacy of multi-criteria simulation models. The methodology is based on a new approach to assessing the adequacy of these models, free from subjectivity by using the probability of ensuring the accuracy of all tasks facing the modeled processes as a criterion of adequacy. A block diagram of the application of the technique is presented. The results of assessing the adequacy of simulation models of the functioning of real complex organizational and technical systems, the effectiveness of which is represented by two indicators, are presented.

Keywords: simulation, multiple criteria, model adequacy, efficiency, complex organizational and technical system.

Соколов Б.В., Захаров В.В., Зеленцов В.А., Карсаев О.В., Кулаков А.Ю. Методология и информационные технологии проактивного управления группировками космических аппаратов наблюдения на основе комплексного моделирования.

В докладе представлена разработанная его авторами информационная технология проактивного управления применением многоспутниковых группировок (МГ) малоразмерных космических аппаратов (МКА) наблюдения, основанная методологии системного моделирования функционирования МГ наблюдения и комплексном применении алгоритмов многокритериальной оптимизации и многоагентных технологий, позволяющих совместно решать задачи централизованного (с наземным комплексом управления (НКУ)) и децентрализованного (без НКУ) планирования и оперативного управления высокоманевренными МКА различного назначения в

структуре МГ, включая задачи доставки результатов съемки потребителям. В состав разработанного полимодельного комплекса вошли аналитико-имитационные логико-динамические модели управления МГ МКА и НКУ, нейросетевые модели оценивания и прогнозирования состояния бортовой аппаратуры МКА и агентно-ориентированные модели автономного группового управления (АГУ) МКА. Проводимые экспериментальные исследования показывают возможность существенного повышения эффективности процесса планирования применения МГ, состоящих из нескольких десятков МКА наблюдения. Применение разработанных информационных технологий обеспечивает повышение эффективности процесса планирования применения и АГУ многоспутниковой орбитальной группировки МКА наблюдения. Так, например, целевой выигрыш в эффективности планирования при применении разработанной технологии состоит в увеличении пропускной способности (производительности) МГ не менее чем на 10%-15%.

Ключевые слова: информационная технология проактивного управления применением многоспутниковых группировок малоразмерных космических аппаратов наблюдения, полимодельное описание, многокритериальная оптимизация, нейросетевые и агентно-ориентированные модели.

Sokolov Boris V., Zakharov Valerii V., Zelentsov Vyacheslav A., Karsaev Oleg V., Kulakov Alexandre Yu. Methodology and information technologies for proactive control of observation spacecraft constellations based on complex modeling.

The report presents the information technology developed by its authors for proactive control of the use of multi-satellite constellations (MSG) of small-sized observation spacecraft (SSC), based on the methodology of system modeling of the operation of MSG observation and the integrated use of multi-criteria optimization algorithms and multi-agent technologies that allow jointly solving the problems of centralized (with a ground control complex (GCC)) and decentralized (without GCC) planning and operational control of highly maneuverable SSC of various purposes in the structure of MSG, including the tasks of delivering survey results to consumers. The developed poly-model complex includes analytical and simulating logical and dynamic models of MSG, SSC and GCC control, neural network models for assessing and predicting the state of onboard equipment of SSC and agent-oriented models of autonomous group control (AGC) of SSC. The conducted experimental studies show the possibility of a significant increase in the efficiency of the process of planning the use of the MGS, consisting of several dozen observation MGS. The use of the developed information technologies ensures an increase in the efficiency of the process of planning the use and AGU of the multi-satellite orbital grouping of observation MGS. Thus, for example, the target gain in planning efficiency when using the developed technology consists in increasing the throughput (productivity) of the MGS by at least 10%-15%.

Keywords: information technology for proactive management of the use of multi-satellite constellations of small-sized observation spacecraft, polymodel description, multi-criteria optimization, neural network and agent-oriented models.

Сорокин Д.Э. Визуальная среда моделирования VisualAivika.

Автор представляет свою собственную разработку VisualAivika. Это визуальное средство моделирования для решения задач системной динамики и дискретно-событийного моделирования. VisualAivika имеет свой собственный язык моделирования, который позволяет определять интегралы, а также очереди, ресурсы и вычисления блоков для обработки транзактов. В программе есть редактор диаграмм. Поддерживаются массивы. Поддерживается эксперимент по методу Монте-Карло, который позволяет проводить анализ чувствительности модели к случайным внешним

параметрам. Есть разные средства для вывода результатов, в том числе, есть график отклонения для отображения тренда и доверительных интервалов по методу «трех сигм», а также есть средства для экспорта результатов в формате CSV. VisualAivika поддерживается автором за счет собственных средств.

Ключевые слова: системная динамика, дискретно-событийное моделирование, обыкновенные дифференциальные уравнения, системы массового обслуживания, анализ чувствительности.

Sorokin David A. Visual Simulation Tool VisualAivika.

The author represents his own work VisualAivika. This is a visual simulation tool to solve the tasks of System Dynamics and Discrete Event Simulation. VisualAivika has its own modeling language that allows defining integrals as well as it allows defining queues, resources and block computations to handle the transacts. The software has the equation editor. The arrays are supported. The Monte-Carlo simulation is supported too, where it is possible to provide the Sensitivity Analysis of the model relative to external random parameters. There are means for displaying the simulation results, which includes the Deviation Chart for displaying the trend and confidence intervals by the three-sigma rule. There are also means for exporting the simulation results in the CSV format. VisualAivika is supported by the author at his own expense.

Keywords: system dynamics, discrete event simulation, ordinary differential equations, queueing systems, sensitivity analysis.

Старостин С.В. Разработка цифрового двойника устройства ST-500 «Пиранья» для виртуального обучения специалистов в области информационной безопасности.

Рассматривается проблема подготовки кадров в сфере технической защиты информации при ограниченной доступности специализированного оборудования. Представлено решение в виде цифрового двойника устройства ST-500 «Пиранья» на платформе Unity Engine. Описана архитектура виртуального комплекса с функциями симуляции поиска радиозакладных устройств и диагностики кабельных линий. Обоснован выбор технологии, обеспечивающей реализм и производительность.

Ключевые слова: цифровой двойник, имитационное моделирование, ST-500 Пиранья, Unity, виртуальная лаборатория, техническая защита информации, обучение, радиозакладное устройство.

Степанов П.В. Моделирование логистических систем с помощью сетей Петри.

Статья исследует применение цветных сетей Петри (CPN Tools) для моделирования сложных, динамичных логистических процессов. Подчеркивается их формальная строгость и наглядность, но отмечается архаичность среды. Предложен гибридный подход: использование GPT как ИИ-ассистента для генерации и отладки CPN-кода, что снижает порог входа и ускоряет разработку. Показаны примеры, ограничения и перспективы интеграции ИИ с формальными методами для повышения эффективности моделирования в логистике.

Ключевые слова: сети Петри, CPN Tools, моделирование, логистические системы, GPT.

Stepanov Pavel V. Modeling of logistics systems using Petri nets.

The article explores the use of color Petri nets (CPN Tools) for modeling complex, dynamic logistics processes. Their formal rigor and clarity are emphasized, but the archaic nature of the environment is noted. A hybrid approach is proposed: using GPT as an AI assistant for generating and debugging CPN code, which lowers the entry threshold and speeds up

development. Examples, limitations, and prospects of integrating AI with formal methods to improve the effectiveness of modeling in logistics are shown.

Keywords: Petri nets, CPN Tools, modeling, logistics systems, GPT.

Степанцов М.Е. Влияние детализации властной иерархии в системе «власть-общество» на результаты имитационного моделирования её социально-экономической динамики.

В работе исследуется проблема влияния снижения детализации властной иерархии в модели А.П. Михайлова «власть-общество» на результаты имитационного моделирования с помощью её дискретной модификации на основе клеточного автомата. С этой целью был проведён ряд сравнительных вычислительных экспериментов. Прежде всего, был исследован вопрос о влиянии размеров поля клеточного автомата на макродинамические показатели, получаемые в результате имитационного моделирования. Проведено сравнение социально-экономической динамики систем с различным количеством уровней властной иерархии, идентичных по остальным параметрам. Рассмотрены системы в отсутствие и при наличии региональных различий между социально-экономическими параметрами.

На основе результатов этих вычислительных экспериментов сделаны выводы о том, при каких условиях возможно снижение детализации структуры такой системы без потерь адекватности модели.

Ключевые слова: математическое моделирование, имитационное моделирование, клеточные автоматы, модель «власть-общество», региональная динамика.

Stepantsov Mikhail E. The influence of the detailing of the hierarchy in the "power-society" system on the results of simulation of its socio-economic dynamics.

The paper considers the impact of reducing the detailing of the hierarchy in A.P. Mikhailov's "power-society" model on simulation results when using its discrete cellular automaton-based modification.

For this we conducted a series of comparative computational experiments. First, we studied the impact of the cellular automaton field size on the macrodynamic indicators obtained from simulation. Then we compared the socioeconomic dynamics of systems with different numbers of hierarchy levels, identical otherwise. Finally, systems with and without regional differences in socioeconomic parameters were taken into comparison.

We came to certain conclusions on the conditions under which reducing the detailing of the hierarchy is possible without compromising the adequacy of the model.

Keywords: mathematical modeling, simulation, cellular automata, Power-Society model, regional dynamics.

Сурий Р.О. Имитационное моделирование в системе военного образования.

В статье рассматривается применение технологии имитационного моделирования в системе военного образования училища. Представлен метод ролевого взаимодействия применяемый на кафедре (бронетанкового вооружения и техники), его практическое применение с целью повышения мотивации обучающихся при изучении дисциплины «Эксплуатация вооружения и военной техники», а также методические аспекты использования имитационного моделирования в учебном процессе училища.

Ключевые слова: технологии имитационного моделирования, учебный процесс, качество обучения, линейное программирование, вооружение и военная техника, ремонт, восстановление.

Surin Roman O. Simulation modeling in the military education system.

The article discusses the application of simulation technology in the military education system of the school. It presents the method of role-playing interaction used at the Department (of armored weapons and equipment), its practical application in order to increase the motivation of students in the study of the discipline "Operation of Weapons and Military Equipment", as well as the methodological aspects of using simulation technology in the educational process of the school.

Keywords: simulation technologies, educational process, quality of education, linear programming, weapons and military equipment, repair, and restoration.

Суслов С.А. Искусственный интеллект и имитационное моделирование в AnyLogic. Обзор практического использования.

Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение – это технологии, которые помогают компьютерам обучаться на основе данных, чтобы прогнозировать, классифицировать или принимать решения. ИИ на «хайпе», его успехи очевидны, а языковые модели, такие как ChatGPT, DeepSeek повсеместно используются как в науке и бизнесе, так и для помощи в бытовых вопросах. В статье рассмотрены следующие вопросы: способен ИИ заменить имитационное моделирование (ИМ) и разработчиков моделей, полезен ли ИИ в проектах по ИМ, как обе технологии могут использоваться в связке. Проанализирован и классифицирован международный опыт пользователей ПО AnyLogic за последние пять лет.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, глубокое обучение, генеративный ИИ, агентный ИИ, оптимизация.

Suslov Sergey. Artificial intelligence and simulation in AnyLogic. A review of practical applications.

Artificial intelligence (AI) and machine learning are technologies that enable computers to learn from data to make predictions, classify information, or support decision-making. AI is ubiquitous; its successes are clear, and language models such as ChatGPT and DeepSeek are widely used in science and business, as well as for everyday tasks. This article examines whether AI will replace simulation models and modelers, whether AI is useful in simulation projects, and how the two technologies can be used together. It analyzes and classifies the international experience of AnyLogic software users over the past five years.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, deep reinforcement learning, generative AI, agentic AI, optimization.

Тарасова И.Л., Кучмин А.Ю. Комплексный подход при классификации образов в сложных системах с использованием логико-лингвистического и нейросетевого методов.

Разработан комплексный подход к классификации образов в условиях неопределенности, интегрирующий логико-лингвистические и нейросетевые методы. Экспериментально установлены области превосходства: нейросети эффективны при больших данных (68000 образов) и высоких помехах (>80%), логико-лингвистические методы — для малых выборок с умеренным шумом (50-60%). Универсальность подхода подтверждена апробацией в технических (мобильные роботы) и социально-экономических (кредитный скоринг) системах.

Ключевые слова: классификация образов, нейронные сети, логико-лингвистические методы, неопределенность данных, мобильные роботы, оценка кредитных рисков, системы поддержки принятия решений.

Tarasova Irina L., Kuchmin Andrey Yu. A comprehensive approach to image classification in complex systems using logico-linguistic and neural network methods.

A comprehensive approach to image classification under uncertainty has been developed, integrating logical-linguistic and neural network methods. Experimental results established the domains of superiority: neural networks are effective with large datasets (68000 samples) and high noise levels (>80%), while logical-linguistic methods perform better for small datasets with moderate noise (50-60%). The approach's universality was confirmed through testing in both technical (mobile robots) and socio-economic (credit scoring) systems.

Keywords: pattern classification, neural networks, logical-linguistic methods, data uncertainty, mobile robots, credit risk assessment, decision support systems.

Труб И.И. Технология имитационного моделирования и методика сравнительного анализа алгоритмов сетевого планирования.

В работе предложена общая технология имитационного моделирования алгоритмов сетевого планирования, известных теоретически и реализованных в коде ядра Linux. Моделирующей средой является иерархическая система взвешенных узлов, обрабатывающих заявки в соответствии с моделируемым алгоритмом. Приведены и проанализированы сравнительные результаты моделирования алгоритмов SFQ и QFQ, введены критерии, позволяющие измерить эффективность алгоритмов по совокупности показателей производительности и честности.

Ключевые слова: алгоритмы сетевого планирования, взвешенная справедливая очередь, справедливое разделение процессора, имитационное моделирование, производительность, задержка, бенчмаркинг.

Trub Ilya. Simulation technique and performance-fairness comparison of network scheduling disciplines.

The article presents general approach for the simulation of network scheduling disciplines. All of them are well known in theory and implemented in open source Linux kernel. The simulation environment is a multilevel tree of weighted nodes, which treats requests in accordance with simulated discipline. Results of SFQ and QFQ simulation are presented and compared. The article introduces some criterion, which measures the efficiency of disciplines on both performance and fairness metrics.

Keywords: network scheduling algorithms, weighted fair queueing, simulation, general processor sharing, performance, latency, Google benchmark.

Федотов М.В., Петрова Е.А., Маряшина Д.Н., Девятков Т.В., Габбасов Р.М., Лагутин А.В. «Фабрика процессов»: как модели на ALINA GPSS помогают Росатому в обучении проектированию оптимальных планировочных решений.

В статье представлен программный инструмент для обучения специалистов Росатома и других предприятий навыкам построения планировок производственных участков, а также организации и проведения соревнований между несколькими командами участников. Описаны функциональные возможности инструмента. Определена роль платформы ALINA GPSS как метода проверки корректности сформированных планировок. Представлены перспективы использования инструмента в процессе реального проектирования производства.

Ключевые слова: имитационное моделирование, ALINA GPSS, Росатом, проектирование производства, образовательные технологии.

Fedotov Maxim V., Petrova Elizaveta A., Maryashina Darya N., Devyatkov Timur V., Gabbasov Russlan M., Lagutin Andrey V. «Process factory»: how alina gpss models help rosatom in production shop optimal layout design training.

The article presents software designed to train Rosatom specialists and other enterprise professionals in creating production area layouts. It also supports in conducting competitions between multiple teams. The functional capabilities of the tool are described in detail. The article highlights the role of the ALINA GPSS platform as a method for validating the accuracy of the proposed layouts. Additionally, it discusses the potential for using this tool in actual production design processes.

Keywords: simulation, ALINA GPSS, Rosatom, production design, educational technologies.

Филяк П.Ю., Латкин В.Ю., Виткова Л.А. Моделирование в решении задач информационной безопасности с помощью графовых баз данных.

Целью представленного в статье исследования является обоснование и апробация авторского подхода к решению задач противодействия распространению деструктивного контента в социальных сетях, а также задач обеспечения информационной безопасности организации с учетом дестабилизирующих факторов, связанных с потенциально возможными действиями злоумышленников, внутренних и внешних нарушителей, на основе идентификации графовой модели проблемной ситуации и анализа соответствия классов возможных атак, угроз и уязвимостей в информационно-телекоммуникационных сетях и на объектах информатизации.

В этих целях применен подход на основе использования графовых баз данных (ГБД) Neo4j, который позволяет получать спектры графов и метаграфы, включающие множество графов, моделирующих социальные сети, узлами которых являются персоны (люди) и связи между ними, посредством ребер графов, что дает возможность описывать и подтверждать разнообразные сценарии возможных вбросов деструктивного контента и составлять паспорта способов и траекторий информационных вторжений и развитые древовидные структуры. Исключительно для моделирования социальных сетей и потенциала возможных действий злоумышленников предложена графовая локализация отношений между участниками социальной сети, иллюстрирующая корреляцию с уязвимостями, детерминированными разнообразием личностных характеристик участников сети и совокупностью их личностных предпочтений и особенностей в установлении общения и внутренних коммуникаций.

Ключевые слова: безопасность, национальная безопасность, информационная безопасность РФ, информационная безопасность организации, система, сеть, дискретная математика, теория графов, языки программирования, базы данных, системы управления базами данных, графовые базы данных, программирование в графовых базах данных, графы, узлы, ребра.

Filyak Petr Yu., Latkin Victor Yu., Vitkova Lidia A. Modeling in solving information security problems using graph databases.

The purpose of the research presented in the article is dictated by the objective need to put into practice the results of theoretical research in the framework of countering destructive content in social networks, in order to establish and analyze the full correspondence of the elements of the many classes of possible attacks and vulnerabilities under consideration and the absence of such in the design space to ensure the security of protected information systems, including their scenario description and certification of destructive content – to ensure information security. For this purpose, the graph database approach Neo4j has been applied, which do it possible to obtain graph spectra and metagraphs, including many graphs modeling social networks, the nodes of which are persons (people) and connections between them, through graph edges,

which makes it possible to describe and confirm various scenarios of possible destructive content injection. and to compile passports of methods and trajectories of information invasions. and developed tree structures. Exclusively for modeling social networks and the potential of possible actions of intruders, a graph localization of relations between social network participants is proposed, illustrating the correlation with vulnerabilities determined by the variety of personal characteristics of network participants and the totality of their personal preferences and features in establishing communication and internal communications.

Keywords: system, network, discrete mathematics, graph theory, programming languages, databases, database management systems (DBMS), relational databases, non-relational databases, graph databases, programming in graph databases, graphs, nodes, edges.

Хабибуллина Л.М., Поспелов К.Н. Технологии искусственного интеллекта в имитационном моделировании.

В статье представлена комплексная трехуровневая классификация методов интеграции искусственного интеллекта и имитационного моделирования. Рассмотрены подходы, систематизированные по уровню интеграции (аналитический, оптимизационный, гибридный), направлению взаимодействия (симуляционно-ассистированное машинное обучение и машинно-обучаемые симуляции) и типам применяемых технологий ИИ. Предложенная систематизация позволяет оценить текущее состояние и перспективы применения гибридных подходов.

Ключевые слова: Гибридные модели, имитационное моделирование, искусственный интеллект, машинное обучение, оптимизация моделирования, суррогатное моделирование.

Khabibullina Liya M., Pospelov Kapiton N. Artificial intelligence technologies in simulation.

The article presents a comprehensive three-level classification of methods for integrating artificial intelligence and simulation modeling. The approaches systematized by the level of integration (analytical, optimization, hybrid), the direction of interaction (simulation-assisted machine learning and machine-learning simulations) and the types of applied AI technologies are considered. The proposed systematization makes it possible to assess the current state and prospects of using hybrid approaches.

Keywords: hybrid models, simulation, artificial intelligence, machine learning, simulation optimization, surrogate modeling.

Харисов И.Р., Марков В.П., Шехин Р.М. Интеллектуальная система распределенного управления межкластерным взаимодействием в группировках малых космических аппаратов.

Разработка технологий автономного группового управления (АГУ) для многоспутниковых группировок является сложной задачей, требующей инструментов имитационного моделирования. В статье представлена архитектура и реализация программного комплекса (ПК) – специализированной клиент-серверной платформы для исследования и анализа технологий АГУ. Платформа разделяет задачи на серверную часть, включающую дискретно-событийный движок моделирования и библиотеку специального модельно-алгоритмического обеспечения (СМАО), и клиентскую часть – автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. Такая архитектура обеспечивает гибкость в конфигурировании сценариев, управлении ходом эксперимента и визуализацию выходных данных. В качестве практической демонстрации возможностей комплекса в статье приводится исследование стратегии межкластерного взаимодействия, основанной на использовании предвычисленных интервалов

полносвязной сети. Показано, как с помощью АРМ были настроены сценарии и проанализированы результаты, подтверждающие повышение эффективности доставки данных при использовании предложенной стратегии информационного взаимодействия. ПК представляет собой инструмент для ускорения цикла разработки и валидации сложных распределенных систем управления космическими аппаратами.

Ключевые слова: программный комплекс, клиент-серверная архитектура, имитационное моделирование, автономное групповое управление, многоспутниковая группировка, автоматизированное рабочее место, межспутниковая связь.

Kharisov Ilyas R., Markov Vladimir P., Shekhin Roman M. Intelligent system for distributed control of inter-cluster interaction in small satellite constellations.

Developing autonomous group control (AGC) technologies for satellite constellations poses a significant challenge, necessitating powerful simulation tools. This article introduces the architecture and implementation of a Software Package (SP): a specialized client-server platform for researching and analyzing AGC technologies. The platform's design features a server side, containing a discrete-event simulation engine and a Library of Specialized Models and Algorithms (LSMA), and a client side, comprised of a multi-functional operator's Automated Workstation (AWS). This architecture ensures flexibility in scenario configuration, experiment control, and output data visualization. To demonstrate the SP's capabilities, we present a case study on an inter-cluster communication strategy leveraging pre-calculated fully connected network intervals. We show how the AWS was utilized to configure scenarios and analyze results, confirming enhanced data delivery efficiency with the proposed strategy. This SP serves as a valuable tool to accelerate the development and validation cycle for complex distributed spacecraft control systems.

Keywords: software package, client-server architecture, simulation, autonomous group control, satellite constellation, automated workstation (AWS), inter-satellite links (ISL).

Черненко В.Е., Малыханов А.А., Шуравин А.Д. Альтернативный подход к построению имитационных моделей на основе системы запросов и задач.

В статье рассматриваются ограничения классических подходов к имитационному моделированию (ИМ) с использованием сред визуального моделирования, таких как AnyLogic или Simio, в контексте моделирования сложных объектов. Авторы выделяют проблему тесной связи структуры модели и ее логики, что затрудняет гибкое изменение модели и проведение сравнительных экспериментов. В качестве решения предлагается архитектурный подход, основанный на разделении понятий «Запрос» (Request) и «Задача» (Task), который позволяет повысить модульность, гибкость и тестируемость модели. Подход апробирован в ряде коммерческих проектов.

Ключевые слова: имитационная модель, запрос, задача, диаграмма состояний, агент.

Chernenko Vitaliy E., Malykhanov Andrey A., Shuravin Artem D. An alternative approach to building simulation models based on a system of requests and tasks.

The article examines the limitations of classical approaches to simulation modeling (IM) using visual modeling environments such as AnyLogic or Simio in the context of modeling complex objects. The authors highlight the problem of the close relationship between the structure of the model and its logic, which makes it difficult to flexibly change the model and conduct comparative experiments. As a solution, an architectural approach based on the separation of the concepts of "Request" and "Task" is proposed, which allows to increase the modularity, flexibility and testability of the model. The approach has been tested in a number of commercial projects.

Keywords: simulation model, query, task, state diagram, agent.

Шарков О.В. Модель зон полетов свободной маршрутизации.

В работе рассмотрено моделирование концепции зон полетов свободной маршрутизации FRA (Free Route Airspace) воздушных судов в комплексе имитационного моделирования КИМ ОрВД, разработанного ФАУ «ГосНИИАС». В работе рассмотрен полный цикл от создания зоны свободных полетов и ремаршрутизации планов полета до получения и анализа показателей, а также представлены примеры работы модели.

Ключевые слова: имитационное моделирование, зона свободных полётов, показатели, ремаршрутизация.

Sharkov Oleg V. Modeling of Free Route Airspace.

The paper explores the modeling of the Free Route Airspace concept for aircraft within the Air Traffic Control simulation complex developed by the State Research Institute of Aviation Systems (GosNIIAS). The work covers the full cycle, from the creation of a free route area and flight plan re-routing to obtaining and analyzing performance metrics, and also provides examples of the model's operation.

Keywords: simulation modeling, free route airspace, metrics, re-routing.

Щербакова Е.Е. Полимодельное описание сервисного обслуживания в транспортном узле: интеграция статических и динамических моделей на основе сетей Петри.

В статье представлен полимодельный подход к описанию процессов сервисного обслуживания в транспортном узле, основанный на интеграции статических моделей структуры и динамических моделей, реализованных на основе сетей Петри. Предложенное решение позволяет учитывать, как нормативные параметры операций, так и стохастическую природу потоков и ресурсов. Использование программной среды CPN Tools обеспечивает моделирование разнотипных субъектов и временных характеристик, проведение имитационных экспериментов и анализ динамики состояний системы. На основе полученных данных выполнен многокритериальный анализ качества обслуживания, включающий временные, ресурсные и социально-психологические показатели. Результаты исследования демонстрируют эффективность интеграции моделей при выявлении узких мест и выборе оптимальных стратегий управления сервисными процессами.

Ключевые слова: транспортный узел, сервисное обслуживание, сети Петри, CPN Tools, многокритериальный анализ.

Shcherbakova Ekaterina E. Polymodel description of service operations in a transport hub: integration of static and dynamic models based on Petri nets.

The article explores a polymodel approach to describing service processes in a transport hub, based on the integration of static structural models and dynamic models implemented using Petri nets. The proposed approach takes into account both the normative parameters of operations and the stochastic nature of flows and resources. The CPN Tools environment enables the modeling of heterogeneous entities and temporal characteristics, conducting simulation experiments, and analyzing the dynamics of system states. Based on the obtained data, a multi-criteria analysis of service quality was performed, incorporating temporal, resource, and socio-psychological indicators. The results confirm the effectiveness of model integration in identifying bottlenecks and selecting optimal strategies for managing service processes.

Keywords: transport hub, service operations, Petri nets, CPN Tools, multi-criteria analysis.