

Алексеев А.В. Теория практики полимодельного анализа, синтеза и оптимизации разнородных объектов морской техники и морской инфраструктуры.

В интересах поиска инвариантных к специфике условий эксплуатации технических и технологических решений обобщены результаты развития Полимодельного квалитетического 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 квалитетического анализа, синтеза и оптимизации организационных и технологических решений при управлении развитием ОМТИ.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, роботизация управления, синтетическая квалитетрия, теория практики, управление развитием.

Алексеев А.В., Соколов Б.В. Моделирование сложных систем: эволюция взглядов и концепций, полимодельные комплексы, проблемы и направления развития.

Цифровая трансформация общества неразрывно связана с развитием технологий моделирования управления сложными системами, процессами и их качеством. Показано, что выбор методов и средств должен обеспечивать наилучшее по системным показателям качества достижение целей моделирования – полимодельное исследование и оптимизацию моделей предлагаемых решений на основе цифровизации системных свойств, верификации их показателей и контроля валидности, интеллектуализации процессов целеполагания, развития концептуальных и проектных решений.

Ключевые слова: объекты моделирования, системные свойства, квалитетрия развития, интеллектуализация управления, оптимизация, целеполагание.

Бадрызлов В.А., Юдина М.Н. Исследование процессов распространения информации в социальной сети методом имитационного моделирования.

Методом имитационного моделирования выполнено исследование процессов распространения информации в графе реальной социальной сети. Приведена схема проведения имитационных экспериментов, дана интерпретация результатов, предложен план дальнейших исследований.

Ключевые слова: граф, имитационное моделирование, социальная сеть, распространение информации.

Балухто А.Н., Соколов Б.В., Карсаев О.В. Облачная платформа iWebsim как средство имитационного моделирования космических систем.

В статье рассматриваются технологии имитационного моделирования и функциональные возможности первой отечественной облачной платформы iWebsim как средства имитационного моделирования сложных динамических систем. Приводятся результаты экспериментальной доработки данной платформы в интересах оперативного создания, в режиме визуального конструирования, высококачественных имитационных моделей космических систем. Определены перспективы развития созданной программной платформы в интересах обеспечения комплексного имитационного моделирования космических систем различного назначения и их компонентов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, космические системы, облачные технологии, сложные динамические системы.

Бегичева С.В. Разработка имитационной модели комплексной оценки качества скорой медицинской помощи.

Исследование посвящено вопросам разработки имитационной модели комплексной оценки качества скорой медицинской помощи. Автор предлагает дополнить информацию о качестве медицинской помощи, которая, согласно подходу А. Донабедиана может быть взята из трех категорий: «качество структуры», «качество процесса» и «качество результатов», информацией из категории «качество среды проживания». На основе предложенной концептуальной модели качества скорой медицинской помощи определена концепция моделирования деятельности СМП, заключающаяся в выделении подмоделей, совокупность которых позволит комплексно учесть все категории качества скорой медицинской помощи. Приведен пример реализации модели, сочетающей в себе комбинацию методологий системного и агентного моделирования.

Ключевые слова: качество медицинской помощи, имитационное моделирование, многоподходная модель, модель Донабедиана, скорая медицинская помощь.

Бранцевич П.Ю., Лапицкая Н.В. Цифровая обработка вибрационных сигналов при оценке технического состояния турбинных агрегатов.

Полученные с помощью компьютерных систем вибрационного контроля длинные реализации вибрационных сигналов подвергаются быстрой автоматизированной обработке, для предоставления пользователю требуемой информации и формулировки выводов об изменении технического состояния контролируемого объекта. Сравняются разложение на периодическую и шумоподобную составляющие, полосовой спектральный анализ, вейвлет анализ, преобразование Гильберта-Хуанга, как способы первичного анализа исходных вибрационных сигналов, полученных при возникновении аварийно-опасной ситуации при работе механизма роторного типа.

Бубнов В.П., Шардаков К.С. Математические модели и методы расчёта распределенной системы мониторинга сети передачи данных.

В статье описана параллельно-последовательная модель нестационарной системы обслуживания, моделирующая работу системы мониторинга Zabbix на основе распределенной архитектуры. Приведен рекурсивный алгоритм с группировкой, предназначенный для формирования списка состояний такой системы и его блок-схема. Выведены правила переходов между состояниями и представлена диаграмма переходов. Рассмотрен алгоритм формирования матрицы коэффициентов такой модели для системы обыкновенных дифференциальных уравнений Чепмена-Колмогорова и его блок-схема. Показаны преимущества использования данного алгоритма по сравнению с рекурсивным. Разработана нестационарная вероятностная имитационная модель процесса обработки метрик на двух уровнях. Предлагается методика выбора необходимой аппаратно-программной конфигурации распределенной системы мониторинга сети передачи данных в условиях нестационарных пиковых нагрузок.

Ключевые слова: алгоритм генерации матрицы коэффициентов, рекурсивный с группировками, Zabbix, ОДУ, нестационарная система массового обслуживания, система мониторинга, численно-аналитический метод.

Быков Н.В. Имитационная модель гетерогенного транспортного потока на основе подхода клеточных автоматов.

В работе предложена имитационная модель гетерогенной транспортной системы, состоящей из двух типов транспортных средств: управляемых человеком и беспилотных. В основу описания временной эволюции системы положены модифицированные правила Вольфрама №184 для элементарного клеточного автомата. При этом учтено, что группа последовательно движущихся беспилотных транспортных средств может образовывать кластер. Исследовано влияние соотношения типов транспортных средств в системе на характеристики транспортного потока.

Ключевые слова: имитационное моделирование, транспортные потоки, клеточные автоматы, беспилотные автомобили, гетерогенный трафик.

Быков Н.В., Товарнов В.А., Федулов В.А., Власова Н.С., Пожарский А.А. Имитационная модель оценки эффективности огневого противодействия беспилотным летательным аппаратам.

В работе предложена имитационная модель оценки эффективности физического противодействия невооруженным БПЛА на основе дискретно-событийного подхода. В модели учитываются летные и габаритные характеристики БПЛА, определяющие траекторию его движения в трехмерном пространстве и форму, а также временные и точностные характеристики средства поражения. В качестве средств поражения могут применяться автоматические пушки или иные виды оружия. Предложенная модель позволяет оценить эффективность противодействия как одиночным БПЛА, так и группе беспилотников.

Ключевые слова: имитационное моделирование, эффективность стрельбы, БПЛА, противодействие БПЛА.

Быкова В.С., Машошин А.И. Результаты моделирования системы управления автономного необитаемого подводного аппарата.

Создание эффективной системы управления АНПА является одной из основных проблем в развитии подводной робототехники. Поскольку отработка алгоритмов, реализуемых системой управления АНПА, в реальных условиях затруднена, они должны отрабатываться путём моделирования с использованием специального стенда, адекватно воспроизводящего условия выполнения реальной миссии. В докладе приводится структура мультиагентной системы управления АНПА, описывается структура программного обеспечения стенда моделирования системы управления АНПА, излагаются результаты моделирования системы управления АНПА тяжёлого класса.

Ключевые слова: Автономный необитаемый подводный аппарат, система управления АНПА, моделирование системы управления АНПА.

Василева С.Ж. Некоторые возможности применения GPSS World в средней школе.

В докладе рассматриваются примеры применения теории массового обслуживания (и систем массового обслуживания) и систем имитационного моделирования GPSS World и GPSS Studio для создания демонстрационных моделей и их использование в подготовке по профилям в средней школе. В основном имитационное моделирование применяется в исследовании различных систем. Однако „окна наблюдения“ модели в GPSS World и GPSS Studio раскрывают новые дополнительные возможности языка имитационного моделирования GPSS интегрировать имитационное моделирование в процессе обучения. Представлены несколько примеров имитационных моделей и демонстрационные возможности GPSS World и GPSS Studio в учебных материалах по Практической математике (Эмпирические распределения), Программированию информационных систем и др.

Ключевые слова: системы массового обслуживания, имитационные модели, паралелизация процессов, GPSS.

Волковицкий А.К., Гладышев А.И., Гольдин Д.А., Каршаков Е.В., Павлов Б.В., Тхоренко М.Ю. Имитационный макет для моделирования работы магнитоградиентных систем.

В настоящем докладе описывается компьютерный имитационный макет, предназначенный для моделирования работы магнитоградиентной измерительной системы, в т.ч. моделирования процесса оценивания параметров дипольного магнитного момента подвижных объектов по данным магнитоградиентных измерений. В докладе рассматривается структура всего макета в целом, предназначение и алгоритмы работы отдельных модулей, составляющих данный макет, в т.ч. модуля моделирования движения, модуля вычисления различных составляющих магнитного поля, модуля оценивания параметров дипольного магнитного момента. В заключение приводится краткое описание численных экспериментов, проведенных авторами с использованием данного макета.

Ключевые слова: имитационное моделирование, магнитная градиентометрия, дипольный магнитный момент.

Воробейчиков Л.А., Синева И.С. Библиотека типовых элементарных блоков систем массового обслуживания в среде GPSS STUDIO.

Сформулированы принципы разработки, определены структура и состав библиотеки типовых решений предметной области «Системы массового обслуживания» в среде GPSS STUDIO. Разработана библиотека типовых элементарных блоков для генерирования потоков заявок и моделирования систем массового обслуживания различных видов и классов. Приведены результаты тестирования блоков библиотеки. Рассмотрен пример использования библиотеки при разработке структурной схемы GPSS-модели контакт–центра в среде GPSS STUDIO.

Ключевые слова: библиотека типовых решений, контакт–центр, системы массового обслуживания, среда GPSS STUDIO, структурная схема, типовой элементарный блок, GPSS-модель.

Галич Ю.Г. Исследование метода «направляющих гипербол» для оптимизации однородных немарковских сетей с ограниченными размерами буферов.

Выполняется исследование градиентного аналитико-имитационного метода «направляющих гипербол» для оптимизации однородной немарковской сети массового обслуживания, размер буфера каждого узла которой ограничен. Испытывается указанный метод для решения задачи оптимального распределения ресурса по узлам открытой сети, в которых существует ненулевая вероятность потерь заявок, а суммарная вероятность потерь ограничена. Актуальность исследования обусловлена отсутствием точных аналитических методов решения такой задачи для сложных организационно-технических систем.

Ключевые слова: аналитико-имитационное моделирование, немарковские сети массового обслуживания, ограниченные размеры буферов, оптимизация.

Гостев В.М. Моделирование информационных потоков в системах мобильной связи.

Обсуждаются вопросы моделирования процессов передачи данных в мобильных сетях пятого поколения (5G). Рассматриваются основные особенности организации процесса проектирования опорных сетей 5G на базе системы оптимизации проектирования.

Грузликов А.М., Литуненко Е.Г., Колесов Н.В., Толмачева М.В. Организация обработки информации с использованием сетевых моделей.

Рассматривается подход к планированию распределенных вычислительных систем реального времени с использованием методов планирования на сетевых моделях (типа flow-shop) по критерию минимума среднего по работам времени пребывания работы в системе. В работе доказываются субоптимальные алгоритмы на основе линейного алгоритма разрешимых классов систем. Приводятся результаты моделирования для модели вычислительной системы общего вида.

Ключевые слова: вычислительные системы реального времени, разрешимые классы систем, flow-shop-планирование.

Девятков В.В., Девятков Т.В., Федотов М.В. Имитационное моделирование систем контроля доступа и перемещения сотрудников и посетителей в бизнес-центре.

Описывается имитационное приложение для исследования пешеходной логистики в крупном бизнес-центре. Приложение состоит из дискретно-событийной модели, предназначенной для количественных расчетов потоков и загрузки, и агентной модели, необходимой для 3D визуализации потоков. Приведены результаты практического имитационного исследования.

Ключевые слова: агентная модель, дискретно-событийная модель, имитационное исследование, имитационное приложение, GPSS Studio, Unity.

Девятков В.В., Минниханов Р.Р., Шестюк В.М. Практическое применение имитационного моделирования.

Анализируется потенциал применения имитационного моделирования и процессы изменения уровня его практического использования. Выделены основные методические, технологические и программные тренды, влияющие на повышение уровня использования моделирования. Более детально рассмотрено влияние массовой разработки BIM моделей в строительстве и использование их в имитационных исследованиях. Также, описаны принципиально новые возможности использования имитационных моделей в контуре стратегического и оперативного управления сложными системами, ставшие возможными за счет повышения потенциала имитационного моделирования. Приведен пример перехода потенциального применения в практическое в рамках среды моделирования GPSS Studio.

Ключевые слова: имитационное моделирование, РПУД, технологические тренды, BIM модель, GPSS Studio.

Девятков Т.В., Федотов М.В., Девятков В.В. Имитационное исследование пешеходной логистики музея.

Описывается процесс формализации, разработки модели, конструирования приложения и имитационного исследования проекта музея «Атомной энергии» на ВДНХ. В процессе исследования проводилась оценка проектных решений по технологии организации пропуска посетителей в музей, организации маршрутов обхода экспозиции, анализ уровня загрузки и оценка пропускной способности оборудования контроля доступа, обслуживания, отдельных залов и помещений. Анализировались возможные сценарии потоков посетителей в музей с целью определения границ пропускной способности и разработки различных вариантов использования инфраструктуры в периоды пиковых нагрузок и при минимальной нагрузке. По результатам исследования выработаны практические рекомендации для изменений в проект и для эффективной эксплуатации музея в будущем.

Ключевые слова: агентное моделирование, дискретно-событийное моделирование, имитационная модель, платформа UNITY, поток посетителей, технологии обслуживания.

Демин А.Г. Расчет цепи поставок на новое горнорудное месторождение в сложных условиях с использованием имитационного моделирования.

Имитационное моделирование является одним из наиболее эффективных и актуальных подходов к расчету цепи поставок на новое горнорудное месторождение. В работе описывается модель, поддерживающая решения по строительству, запуску в работу и эксплуатации нового месторождения, которое позволяет учесть риски природного и технологического характера. Применение имитационной модели возможно расширить, создав цифровой двойник цепи поставок.

Долматов М.А., Девятков Т.В. Опыт и перспективы применения технологий виртуальной реальности для визуализации результатов имитационного моделирования функционирования производственных систем судостроительных предприятий.

В статье кратко представлен опыт применения технологий виртуальной реальности решения задач визуализации результатов, полученных в ходе имитационных исследований на базе отечественного программного решения АС «Сириус», а также перспективы их дальнейшего применения.

Ключевые слова: визуализация, виртуальная реальность, имитационное моделирование, судостроение.

Долматов М.А., Плотников А.М. Особенности разработки и внедрения имитационных моделей функционирования производственных систем судостроительных предприятий.

В статье кратко обобщен опыт АО «ЦТСС» в части разработки и внедрения имитационных моделей в российской судостроительной отрасли.

Ключевые слова: имитационная модель, разработка, судостроение, предприятие.

Ерёменко Д.Ю., Топаж А.Г., Медведев С.А. Использование данных дистанционного зондирования в имитационных моделях агроэкосистем – проблемы и перспективы.

Статья посвящена проблеме улучшения оценок текущей или прогнозируемой урожайности сельскохозяйственной культуры, получаемых при помощи расчётов по имитационной модели агроэкосистемы. Для этого предлагается интегрировать в процедуру модельных расчётов данные фактических измерений дистанционного зондирования моделируемых посевов в текущем сезоне вегетации. Рассмотрены несколько альтернативных методик и приведены результаты применения метода перекалибровки для оценки урожайности риса и пшеницы в сезоне Раби 2021 в Республике Индия.

Ключевые слова: дистанционное зондирование посевов, имитационная модель агроэкосистемы, машинное обучение, производственный процесс, NDVI.

Жеребцов А.А., Борщев А.В. Имитация и линейное программирование: совместная работа двух методов на примере оптимизации цепей поставок.

В докладе мы расскажем про задачу определения оптимальной структуры цепи поставок, которая не может быть эффективно решена при помощи имитации в силу количества параметров, но может быть приближенно решена аналитическими методами, в частности, линейным программированием (ЛП). Далее мы покажем, как совместное итеративное применение ЛП для получения оптимальной структуры и имитации для проверки реализуемости этой структуры позволяет находить приемлемое решение за допустимое время.

Захаров И.В., Зыкова С.С. Имитационно-аналитическая модель реконфигурируемой бортовой вычислительной системы космических аппаратов.

Многофункциональные бортовые вычислительные системы (БВС) перспективных космических аппаратов (КА), предназначенных для функционирования в условиях возмущающих факторов (ВФ), характеризуются возможностями автономного интеллектуального управления организацией вычислительного процесса и режимами работы элементной базы в зависимости от своего состояния и совокупности возмущающих факторов (ВФ). Специфика описания процесса их функционирования с учетом воздействия совокупности взаимосвязанных факторов требует уточнения известных моделей. Предлагаемая имитационно-аналитическая модель функционирования реконфигурируемой БВС КА с учетом ее структурно-параметрической деградации строится на основе ресурсного подхода.

Ключевые слова: бортовая вычислительная система, возмущающие факторы, имитационно-аналитическая модель, реконфигурация.

Заходякин Г.В., Демин А.С., Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Применение имитационных моделей для поддержки дисциплины по основам логистики и управления цепями поставок.

В докладе представлены бизнес-симуляции, разработанные для поддержки курса по основам логистики и управления цепями поставок для бакалавров, обучающихся по направлению «Менеджмент». Бизнес-симуляция «Управление складом», разработанная с использованием AnyLogic, обучает студентов основам анализа операционных и экономических показателей оптового склада и устранению «узких мест» в логистическом процессе. Бизнес-симуляция «Управление запасами в цепи поставок», выполненная в AnyLogistix, формирует навыки оптимизации систем управления запасами в эшелонированной логистической сети, а также знакомит студентов с анализом устойчивости цепи поставок к внешним возмущениям. В докладе описаны ключевые решения, принимаемые студентами в рамках работы с бизнес-симуляцией. Даны результаты апробации в реальном курсе.

Ключевые слова: бизнес-симуляция, компьютерный тренажер, имитационное моделирование, AnyLogic, AnyLogistix, управление цепями поставок.

Зырянов В.В., Цзянг Хайянь. Применение макроскопической фундаментальной диаграммы транспортного потока с использованием данных системы видеонаблюдения на улично-дорожной сети г. Цзинань КНР.

В статье рассматриваются осуществимости применения сетевых макромоделей транспортного потока с использованием данных системы видеонаблюдения для прогнозирования условий функционирования городской улично-дорожной сети. Эффективность и особенность системы видеонаблюдения описана для детектирования транспортных данных. Приведен метод моделирования дорожного движения на основе обобщенной макромоделей Пайпса и макроскопической фундаментальной диаграммы. В результате моделирования представлены сетевые состояния транспортного потока на примере центральной части г. Цзинань (КНР).

Ключевые слова: данные системы видеонаблюдения, моделирование дорожного движения, транспортный поток.

Исхаков А.Р., Маликов Р.Ф. Учебные электронные пособия и программные тренажеры по компьютерному и имитационному моделированию сложных систем и объектов.

В данной статье приведена информация о разработке учебных, электронных пособий и программных тренажеров по компьютерному и имитационному моделированию сложных систем и объектов. Целью разработок является формирование научно-исследовательских компетенций бакалавров на основе компьютерного и имитационного моделирования в средах GPSS-Studio, NetLogo, AnyDynamics.

Ключевые слова: дискретно-событийное моделирование, многоагентное моделирование, моделирование динамических систем, научно-исследовательские компетенции, электронные учебные пособия, Anydynamics, GPSS-Studio, NetLogo.

Ким Т.Ю., Прокопович Г.А. Применение технологий цифровых двойников в образовательном процессе для студентов технической направленности.

Разработан программно-аппаратный комплекс для изучения способов управления робототехническими аппаратами. Комплекс включает два типа учебных роботов - параллельный манипулятор и мобильный робот, микроконтроллерные системы управления, а также их цифровые двойники разработанных в среде MATLAB/Simulink. Мобильный робот RoboCake, предназначен для движения по замкнутой цветоконтрастной линии с заданной скоростью и робот-манипулятор для управления и перемещение предметов. Применение пакета Support Package for Arduino Hardware, который сгенерировал исполнительный код для выбранной микроконтроллерной платы Arduino Mega 2560, показал устойчивость аппаратной части системы управления. Разработанный цифровой двойник поможет студентам в образовательной системе.

Ключевые слова: имитационное моделирование, параллельный манипулятор, цифровой двойник, система управления, микроконтроллер, Arduino, MATLAB/Simulink.

Киндинова В.В., Кринецкий Е.О., Кузнецова Е.В. Системная динамика для студентов IT-специальностей.

В работе анализируется опыт преподавания системной динамики при подготовке студентов, специализирующихся в области вычислительной математики и программирования, факультета прикладной математики и физики МАИ. Обосновывается необходимость показать математические основы и ограничения системной динамики, приводится описание структуры и содержания курса.

Ключевые слова: системная динамика, прогностические возможности, динамические системы, системный анализ, концепция Форрестера, системно-динамические модели, адекватность, инструментарий.

Киселев Н.К., Мартынова Л.А. Имитационная модель оценки эффективности гибридной системы энергообеспечения автономного необитаемого подводного аппарата.

Описана разработанная имитационная модель оценки эффективности гибридной системы энергообеспечения автономного необитаемого подводного аппарата для длительного автономного плавания. Имитационная модель оценки эффективности предназначена для контроля соответствия разработанной гибридной системы энергообеспечения требуемым нормам и для выбора эффективного варианта технического и алгоритмического решения. Приведены результаты численного эксперимента, полученные с использованием разработанной имитационной модели.

Ключевые слова: автономный необитаемый подводный аппарат, гибридная система энергообеспечения, имитационная модель, оценка эффективности.

Кобелев Н.Б., Соколов Б.В. Место и роль комплексного моделирования в решении проблем национальной и глобальной безопасности.

В докладе для конструктивного описания причинно-следственных связей между элементами и подсистемами концептуальных моделей, используемые для решения проблем национальной и глобальной безопасности, были предложены различные классы аналитико-имитационных, логико-лингвистических, логико-алгебраических моделей и их комбинаций, а также обобщённая структура выбора сценариев их взаимодействия, имеет большое прикладное значение. Данная обобщенная структура позволяет на этапах концептуального моделирования предметной области и объектно-ориентированной спецификации обоснованно определить состав и структуру создаваемой интегрированной системы поддержки принятия решений, используемых при решении различных классов задач обеспечения глобальной и национальной безопасности, а также оценивания качества соответствующих моделей и полимодельных комплексов.

Ключевые слова: глобальная и национальная безопасность, модели, полимодельное описание, комплексное моделирование, структура выбора.

Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б. AnyDynamics – новая версия среды Rand Model Designer.

AnyDynamics является универсальной средой моделирования сложных динамических систем для разработки компьютерных моделей динамических систем, и проведения с ними вычислительных экспериментов. Среда позволяет разрабатывать непрерывные, дискретные и гибридные (событийно-управляемые) модели, заданные алгоритмически или с помощью алгебраических, обыкновенных дифференциальных, алгебро-дифференциальных уравнений. Модели могут быть как однокомпонентными, так и многокомпонентными с направленными и ненаправленными связями, поддерживается агентный подход. Созданные модели могут использоваться для проведения научных вычислительных экспериментов, в том числе и с использованием внешних приборов и устройств; разработки встроенных приложений, работающих в реальном времени в составе больших программных комплексов; проектирования новых технических систем, содержащих устройства различной физической природы; создания компьютерных тренажеров, и в обучении.

Ключевые слова: агентное моделирование, математическое моделирование, объектно-ориентированное моделирование, среды моделирования, языки моделирования.

Кудряшов А.Н. Использование стохастических временных сетей Петри для моделирования выдачи управляющих команд на космический аппарат.

Представляется аналитико-имитационная модель передачи и реализации на борту космического аппарата управляющих команд, набираемых на автоматизированных рабочих местах операторами центров (пунктов) управления полетами. Для создания модели использовалась стохастическая временная сеть Петри с управляющими позициями, специально модифицированная для поставленной задачи. Разработанную модель предполагается использовать в качестве тренажера по повышению практической подготовленности соответствующих специалистов.

Ключевые слова: аналитико-имитационная модель, командно-измерительная система космический аппарат, матрица инцидентности, сеть Петри, случайное число, технологическая операция, учет неопределенности, центр управления полетами, .

Кузнецов И.С., Зиновьев В.В., Николаев П.И., Кузнецова А.В. Специализированная компьютерная система имитационного моделирования для исследования параметров открыто-подземной геотехнологии.

В статье описана «Специализированная компьютерная система имитационного моделирования для исследования параметров открыто-подземной геотехнологии», позволяющая оценивать технологическую производительность экскаваторно-автомобильного комплекса и комплекса глубокой разработки пластов, а также удельные затраты на экскавацию и транспортировку горной массы и выбирать оптимальный или субоптимальный вариант сочетаний технологических параметров посредством имитационного моделирования совместной работы горных машин с учетом их вероятностных простоев и динамики ведения работ.

Ключевые слова: генетический алгоритм, геотехнология, горные машины, дискретно-событийное имитационное моделирование, комплекс глубокой разработки пластов, компьютерная система моделирования, оптимизация, разработка угольных месторождений, экскаваторно-автомобильный комплекс.

Кузнецов А.В., Шишкина Э.Л. Сравнение имитационной и аналитической моделей распространения группы агентов по случайным направлениям.

В статье построены имитационные модели многомерного случайного блуждания многих агентов, в котором на каждом шаге возможен поворот движущегося агента на произвольный угол. В модель входят параметры, управляющие интенсивностью процесса блуждания и характеристиками среды, в которой это блуждание происходит. Работы данной тематики в основном касаются дискретного случая случайного блуждания, в частности, например, когда блуждание происходит по решетке, ориентированной параллельно прямоугольным координатным осям k -мерного евклидова пространства. В настоящей статье рассмотрен непрерывный по пространственным координатам случай случайного блуждания, в котором направление блуждающего объекта может случайно меняться от одного шага к другому. С помощью имитационного моделирования выявлен смысл управляющих параметров в исследованной модели.

Ключевые слова: имитационная модель, многоагентная модель, модель миграции, случайное блуждание, функция Бесселя.

Кузьмин Я.К., Волканов Д.Ю. Применение имитационного моделирования при разработке архитектуры сетевого процессорного устройства с хранением состояния.

В данной статье рассматривается применение имитационной модели сетевого процессорного устройства RuNPU для исследования применимости модификаций архитектуры данного СПУ. Рассматриваются модификации архитектуры СПУ для поддержки алгоритмов обработки пакетов с хранением состояния, требующих синхронизации состояния алгоритма обработки пакетов между портами СПУ. Описано экспериментальное исследование предлагаемых модификаций с помощью имитационной модели, представлены результаты исследования. По итогам исследования сделан вывод о применимости предложенных модификаций

Куковинец А.В., Чекин А.Ю., Ковальджи К.В. Имитационное моделирование электрической системы торможения колёс воздушного судна для задач контактного взаимодействия.

В работе освещены аспекты, касающиеся подходов к имитационному моделированию сложных систем и выбора методов численного интегрирования. Рассмотрены математические модели контактного взаимодействия в программных средах Matlab Simulink и Simcenter Amesim с позиции релейного характера функций формирования трения. Приведены результаты имитационного моделирования стенда для отработки систем торможения и предложен вариант модификации функций расчёта коэффициента трения.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, контактное взаимодействие, система торможения, численное интегрирование, электрический самолёт.

Ласкин М.Б., Талавирия А.Ю. Оценка плотности транспортного потока на основе имитационного моделирования пункта взимания платы.

В последнее десятилетие в стране отмечается рост количества инфраструктурных объектов дорожной сети - платные автомобильные дороги. Преимущество платных дорог – в скорости перемещения по сравнению с бесплатными дорогами-дублерами при пассажирских и грузовых перевозках. Анализ данных, учитывающих пропускную способность, суточные колебания, сезонность, влияние на примыкающие транспортные развязки, позволяет заложить технические параметры потоков в проектные решения, поскольку в условиях роста транспортной нагрузки на них, платные объекты должны оставаться скоростными. В настоящей статье рассматривается вопрос о том, как анализируя данные пунктов взимания платы оценить плотность потока при заданной скорости движения. Результаты могут быть использованы в расчетах транспортных потоков по моделям, заимствованным из гидродинамики.

Литуненко Е.Г., Грузликов А.М., Скородумов Е.М., Колесов Н.В., Толмачева М.В. Модель и алгоритм взаимодействия абонентов гидроакустической сети.

В работе представлено описание модели взаимодействия абонентов подводной гидроакустической сети с пространственным разрешением источника излучения. Рассмотрена задача по динамической маршрутизации с учётом изменения топологии сети. Задача сводится к оптимизационной проблеме и может быть решена путем имитационного моделирования. Приведено описание программной реализации имитатора работы сети.

Ключевые слова: автономные необитаемые подводные аппараты, звукоподводная связь, маршрутизация.

Логинов К.К., Перцев Н.В., Топчий В.А. Численное моделирование распространения эпидемии на основе стохастической стадия-зависимой модели.

В статье рассмотрен подход к статистическому моделированию распространения эпидемии в некотором регионе на основе непрерывно-дискретной стохастической стадия-зависимой модели и метода Монте-Карло. Стохастическая модель учитывает неоднородность населения по иммунологическим, клиническим, эпидемиологическим и демографическим признакам. Модель совмещает популяционный и индивидуум-ориентированный подходы. Приведены краткая вероятностная формализация модели и сведения об алгоритме прямого статистического моделирования. Проведено численное исследование динамики когорт индивидуумов для наборов параметров, отражающих вакцинацию населения и появление нового штамма вируса.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, немарковский случайный процесс, распространение эпидемии, стадия-зависимая модель, эпидемиология.

Малыханов А.А., Черненко В.Е. Тестирование имитационных моделей.

Тестирование имитационных моделей обсуждается как минимум с 1988 года. Важность тестирования признается научным сообществом и определяется масштабом решений, принимаемых по результатам моделирования. Однако в инструментах ИМ недостаточно средств тестирования моделей, а потребность в тестировании возрастает с ростом сложности и срока использования модели. В статье приводится пример организации тестирования одного аспекта сложной модели. На этом примере рассматривается применение подходов к тестированию, являющихся стандартными в индустрии разработки программного обеспечения. Рассматриваются особенности применения этих подходов к тестированию имитационных моделей. Обсуждаются требования к средствам тестирования моделей, а также трудности и особенности внедрения тестирования в процесс создания имитационных моделей.

Мартынюк В.Ф. Имитационная модель распространения COVID-19.

Представлена имитационная модель распространения коронавирусной инфекции COVID-19 на основе представлений, принятых при анализе цепных реакций. В качестве определяющего параметра системы принималось число инфицированных, способных инфицировать окружающих. Модель позволяет оценить влияние изменения параметров, связанных с управленческими решениями, на динамическое поведение системы, определяемое изменением числа инфицированных. Модель позволяет определить критические значения коэффициента передачи инфекции, определяющие достижение коллективного иммунитета.

Ключевые слова: имитационная модель, распространение инфекции, COVID-19.

Марьясин О.Ю., Лукашов А.И. Моделирование вариантов энергоснабжения предприятия для оценки углеродного следа.

Рассмотрен набор имитационных моделей, предназначенных для оценки углеродного следа при выборе вариантов энергоснабжения предприятий. Модели позволяют сравнить различные варианты энергоснабжения по объемам годового выброса диоксида углерода. Модели также позволяют оценить влияние различных конструктивных и эксплуатационных параметров источников энергоснабжения на величину углеродного следа. Путем изменения параметров, модели могут быть легко адаптированы для любого предприятия, использующего традиционные и возобновляемые источники энергии.

Ключевые слова: ветрогенераторы, возобновляемые источники энергии, парниковые газы, солнечные панели, углеродный след, AnyLogic.

Маряшина Д.Н., Девятков Т.В., Девятков В.В., Харисов И.З. Исследование системы производственной логистики целлюлозного завода.

Описывается имитационное исследование проекта системы производственной логистики крупного целлюлозного завода. Сначала производится формализация системы логистики в виде системы массового обслуживания и формулируется ряд оптимизационных задач. В виду повышенной сложности и масштабности системы исследование данной системы производится с использованием метода имитационного моделирования. Для этого используется дискретно-событийная среда имитационного моделирования. Показан процесс создания модели и приводятся наиболее интересные сценарии исследования и их результаты.

Ключевые слова: жизненные циклы, имитационное моделирование, производственная логистика, целлюлозный завод, GPSS STUDIO.

Маряшина Д.Н., Сердинская Ю.А., Тен А.М. Моделирование сети перекрестков.

Описывается процесс создания библиотеки микромоделей перекрестков и возможности создания с их использованием укрупненной модели сегмента улично-дорожной сети. Приведен пример разработки микромодели в среде моделирования GPSS Studio. Показаны и описаны диалоги пользователя по вводу данных и анализу результатов. Предлагаются пути дальнейшего совершенствования микромоделей в части учета пешеходных потоков.

Ключевые слова: имитационное моделирование, микромодель, УДС, GPSS Studio.

Медведев С.Н., Аксенов К.А. Применение информационной системы распределения производственных заказов для эффективной загрузки мощностей на машиностроительном предприятии.

В статье сравниваются системы управления ресурсами предприятия, определяются их плюсы и минусы, рассматривается сфера применения, а также их функциональные особенности, в том числе наличие модуля моделирования. Рассмотрена разработанная информационная система, состоящая из трех модулей, модуля определения оптимального плана распределения, модуля моделирования для "запуска" модели и сравнения данных с оптимальным результатом, а также модуля анализа, учета и перемещения деталей.

Ключевые слова: имитационное моделирование, информационные технологии, мощности, предприятие, производственное планирование, системы управления.

Микони С.В. Имитационное моделирование предпочтений ЛПР в системе выбора и ранжирования СВИРЬ.

Рассматриваются проблема согласования формальных оценок объектов, вычисляемых на основе модели многомерного оценивания, и оценок, выполненных лицом, принимающим решение. Указываются факторы, влияющие на многомерные оценки объектов. Объясняется их роль в имитационном моделировании предпочтений ЛПР. Приводится характеристика системы выбора и ранжирования СВИРЬ, отвечающая требованиям имитационного моделирования предпочтений ЛПР. Перечисляются конкретные задачи, решённые на этой системе.

Ключевые слова: имитационное моделирование, модель, многомерное оценивание, обучение модели, показатель, управляющий параметр.

Мурашов Д.А. Аналитико-имитационное моделирование процессов координации группового поведения агентов.

Моделирование агентов в сложных средах хорошо реализуется в рамках концепции систем, основанных на поведении, или Behavior-Based Systems (BBS). Многие системы, охватываемые концепцией BBS, не могут быть описаны существующими средствами автоматизации моделирования, например – системы с координацией. Настоящая статья предлагает практический подход к моделированию координации агентов при имитации их поведения. Рассматриваются ограничения предложенного подхода и предлагаются пути его дальнейшего развития.

Ключевые слова: аналитический иерархический процесс, системы, многоагентная симуляция, основанные на поведении.

Никифоров Н.И., Волканов Д.Ю. Применение имитационного моделирования при разработке алгоритмов сжатия для системы трансляции таблиц потоков сетевого процессорного устройства.

В данной работе рассматривается задача представления таблиц потоков в рамках архитектуры сетевого процессорного устройства (СПУ). СПУ представляет из себя специализированную интегральную микросхему. В СПУ используется конвейерная архитектура, каждый конвейер состоит из восьми вычислительных блоков. Каждый вычислительный блок имеет доступ к устройству памяти объёмом 64К, в котором хранится программа обработки сетевых пакетов. Для идентификации сетевого пакета по его заголовку и поиска действий, которые СПУ должен выполнить над сетевым пакетом, требуются таблицы потоков, которые могут содержать до десятков тысяч правил. Поэтому занимаемый ими объём памяти может достигать до десятков мегабайт. Таблицы потоков представляются в виде программы обработки пакетов на языке ассемблера. Экспериментальное исследование разработанных алгоритмов сжатия было проведено на имитационной модели сетевого процессора.

Павлов А.Н., Воротягин В.Н., Гордеев А.В. Применение аналитико - имитационного моделирования для оценивания структурно-функциональной живучести малого космического аппарата в условиях деструктивных воздействий.

При решении задачи многокритериального структурно-функционального синтеза вариантов конфигурации бортовой системы малого космического аппарата следует учитывать воздействия деструктивных факторов космического пространства на радиоэлектронную аппаратуру. В данной работе рассмотрен комплексный (аналитико-имитационный) подход к моделированию эффективных вариантов облика бортовой системы. Для оценивания структурно-функциональной живучести отобранных вариантов бортовой системы малого космического аппарата с учетом деструктивных воздействий разработана имитационная модель, в основе которой лежит метод статистических испытаний Монте-Карло. На примере бортовой системы управления движением малого космического аппарата «Аист-2Д» представлен пример практической реализации предложенного комплексного подхода.

Ключевые слова: аналитико-имитационное моделирование, структурно-функциональная живучесть, облик бортовой системы, многокритериальный синтез.

Перцев Н.В., Топчий В.А., Логинов К.К. Прямое статистическое моделирование динамики взаимодействующих популяций на основе немарковской модели.

Представлен подход к стохастическому численному моделированию динамики популяций взаимодействующих индивидуумов на основе немарковской модели и метода Монте-Карло. Модель записана в форме многомерного случайного процесса, учитывающего внешние притоки индивидуумов, гибель индивидуумов под влиянием естественных причин, взаимодействия индивидуумов, влекущие их одновременную гибель, превращения и (или) порождение потомства в различных популяциях. Длительности пребывания индивидуумов во всех или некоторых из популяций являются ограниченными и описываются с помощью констант, функций, зависящих от времени, или случайных величин, распределенных на конечных промежутках времени. Приведены краткая вероятностная формализация модели и сведения об алгоритме прямого статистического моделирования возникающего случайного процесса. Продемонстрированы примеры немарковских моделей, возникающих в задачах иммунологии.

Ключевые слова: немарковский случайный процесс, метод Монте-Карло, динамика популяций, иммунология.

Пирогов Ю.Н., Шарыкин Ф.Е. Математические модели процессов применения технических средств службы горючего.

Представлен аналитический обзор теории и практики применения методов математического моделирования в интересах оптимизации основных тактико-технических характеристик, состава и штатной численности технических средств службы горючего войсковых подразделений и частей Вооружённых Сил Российской Федерации. Даны примеры реализации моделей с оценкой их возможностей по обоснованию оптимальных направлений совершенствования технического оснащения и способов применения образцов технических средств в соответствии с функциональным и штатным предназначением.

Ключевые слова: математическое моделирование, методы динамики средних и статистических испытаний, оптимизация, система массового обслуживания, теория вероятности, технические средства службы горючего.

Прокопович В.В., Шафранюк А.В. Подход к оценке адекватности имитационного программно-алгоритмического обеспечения.

Доклад посвящен вопросам адекватности имитационных моделей, используемых при разработке гидроакустических систем. Приведены основные особенности таких моделей, осложняющие оценку их адекватности. Предложен метод оценки адекватности, с примером её применения.

Ключевые слова: адекватность, гидроакустика, имитационная модель.

Пуха Г.Н. Вариант реализации специализированного модуля имитационного моделирования системы тактической связи ВМФ.

В статье рассматривается вариант реализации имитационной модели системы радиосвязи для ее использования в качестве специализированного модуля программного комплекса поддержки принятия решения при планировании связи в тактическом звене управления ВМФ.

Ключевые слова: пункт управления связью, система поддержки принятия решений, программный комплекс, имитационная модель, среда GPSS Studio, специализированный модуль.

Раменская А.В., Яркова О.Н. Имитационное моделирование в работе служб доставки грузов.

В современных условиях важным представляется процесс управления работой транспортных компаний, одним из этапов которого является моделирование и анализ процесса доставки грузов. В статье представлена имитационная модель процесса доставки грузов из терминала приема в терминал выдачи через транзитный пункт. Проведена апробация модели. Применение модели позволит: оценивать загруженность сотрудников, требуемую вместимость транспортных средств, загруженность складских помещений; вырабатывать управленческие решения по оптимизации работы службы доставки.

Ключевые слова: дискретно-событийное моделирование, имитационное моделирование, моделирование логистических процессов, службы доставки.

Самойлов Д.В., Палей А.Г. Оптимизация процессов складской логистики на предприятии методом имитационного моделирования.

Приводится последовательность действий по построению имитационной модели слабоструктурированной системы на основе ее когнитивной модели. Разработанный алгоритм используется для построения и исследования модели оптимизации логистических процессов на производственном предприятии. Имитационная модель является цифровой копией реального процесса и позволяет проводить эксперименты по оптимизации его параметров.

Ключевые слова: агентная модель, имитационное моделирование, оптимизация.

Свистунова А.С., Хасанов Д.С., Кравец Д.М. Имитационная модель процесса доставки пассажиров от паркинга до терминала аэропорта на основе агентного подхода.

В статье рассматриваемым объектом является долгосрочная парковка Р4 в аэропорту Пулково и терминал аэропорта Пулково. Предложена схема реализации маршрута движения шаттла от долгосрочной парковки до терминала аэропорта на основе алгоритма, разработанного в результате применения метода агентного моделирования. В статье представлена релевантная имитационная модель процесса доставки пассажиров от паркинга до терминала аэропорта на основе агентного подхода в программной среде AnyLogic и изложены результаты выполненного моделирования.

Ключевые слова: автобус-шаттл, агентное моделирование, аэропорт, аэровокзал, имитационное моделирование, паркинг, пассажиры.

Свистунова А.С., Хасанов Д.С., Кравец Д.М. Построение цифрового двойника западного скоростного диаметра Санкт-Петербурга на основе имитационного моделирования.

В начале XXI века в дополнение к традиционным технологиям компьютерного моделирования стали развиваться подходы, позволяющие обеспечить получение новых знаний об исследуемых объектах и процессах. Одним из таких подходов является концепция создания цифрового двойника (Digital Twin). В данной работе предлагается рассмотреть применение концепции цифрового двойника для анализа пропускной способности новой развязки крупнейшей платной магистрали Санкт-Петербурга – Западного скоростного диаметра (ЗСД). Новая развязка должна быть запущена в эксплуатацию не позднее 2024 года, поскольку существует острая необходимость снижения постоянно растущий транспортной нагрузки Васильевского острова Санкт-Петербурга и добавления альтернативной возможности заезда на ЗСД и выезда с него. Для создания цифрового двойника были проанализированы исходные данные и построена имитационная модель на базе этих данных. Следует отметить, что построение цифрового двойника рассмотренной системы позволяет оценить проектные решения и наглядно продемонстрировать «узкие места», которые в будущем будут снижать пропускную способность.

Ключевые слова: имитационное моделирование, ЗСД, дорога, транспортное средство, алгоритм Форда-Фалкертона.

Соколов Б.В., Вивчарь Р.М., Птушкин А.И. Имитационное моделирование как инструмент обеспечения риск-ориентированного управления процессом создания сложных технических систем.

В данной статье предлагается методология построения и использования имитационных моделей при разработке системы риск-ориентированного управления созданием сложных технических систем, функционирование и создание которых происходит в условиях неопределенности различной природы. Предложен оригинальный подход к получению приближенной оценки устойчивости программ управления такими системами, основанный на методологии использования интервальных оценок исходных данных о показателях факторов риска.

Ключевые слова: имитационное моделирование, интервальные оценки, качество решений, программное управление, риск, риск-ориентированное управление, сложная техническая система, устойчивость.

Соколов Б.В., Зеленцов В.А., Пиманов И.Ю., Юсупов Р.М. Комплексное моделирование и проактивное управление сложными объектами в условиях чрезвычайных ситуаций.

В предлагаемом докладе на основе анализа современных тенденций, происходящих в системной отрасли научных знаний и вызванных новым этапом развития и интеграции современного менеджмента и кибернетики сформулирована актуальная фундаментальная научная проблема разработки научных основ новой теории проактивного (упреждающего) управления сложными объектами в чрезвычайных ситуациях, предметом исследований которой являются методология, методическое обеспечение и технологии проактивного управления указанными объектами, являющимися интеллектуальным ядром информационно-аналитических систем повсеместно создаваемых в ситуационных центрах, центрах управления регионом, центрах компетенций. Приведены примеры практической реализации разработанной теории.

Ключевые слова: интеллектуальное управление, информационно-аналитическая система, комплексное моделирование, оперативное прогнозирование речных наводнений, проактивное (упреждающее), сложные объекты, чрезвычайные ситуации.

Сорокин Д.Э.. DVCompute++ Simulator для отечественных компьютеров Эльбрус.

Автор представляет разработку DVCompute++ Simulator, которая является коллекцией программных библиотек для дискретно-событийного моделирования. Она написана на языке программирования C++, что делает симулятор хорошо портируемым. Одной из целей данной работы было создание такого симулятора, который мог бы быть запущен на отечественных компьютерах Эльбрус. Симулятор может быть использован для последовательного, распределенного и вложенного моделирования. Если вложенное моделирование связано с теорией игр, то распределенные модули симулятора позволяют запускать задачи больших размерностей на суперкомпьютерах. Симулятор использует единый для всех режимов авторский метод моделирования, который также позволяет комбинировать разные парадигмы в рамках одной модели. Метод основан на приемах функционального программирования.

Степанцов М.Е. Моделирование оптимального управления в некоторых сценариях информационного противоборства при помощи клеточного автомата.

В работе рассматривается ранее предложенная автором дискретная модель информационного противоборства, полученная из непрерывного аналога, основанного на нейробиологической схеме Рашевского, методом замены интегро-дифференциальных уравнений клеточными автоматами. В новой модели вводятся влияние малых групп на мнение индивида и интериоризация индивидом общественного мнения и мнения малых групп. Имитационная система, построенная на базе предлагаемой модели, используется для поиска оптимальных вариантов действия в рамках некоторых сценариев информационного противоборства. В частности, исследованы вопросы оптимального распределения интенсивности пропаганды при однократной дестабилизации и запаздывающей (либо опережающей) реакции на изменение интенсивности пропаганды противоборствующей стороной.

Ключевые слова: имитационное моделирование, информационное противоборство, клеточные автоматы.

Топаж А.Г., Егоров С.В., Буянов А.С., Карпенко А.А., Малыханов А.А. Планирование работы ледокольного флота в имитационных моделях морских арктических транспортных систем.

В докладе поднимается вопрос отражения процессов планирования и диспетчеризации работы ледокольного флота в имитационных моделях арктических транспортных систем. Рассматривается несколько альтернативных подходов назначения заданий ледоколам: реализованные в логике имитационной модели ситуативные «жадные» алгоритмы, эвристический алгоритм расстановки ледоколов по участкам дежурства, использование встроенных и внешних движков оптимизации. Проводится анализ и сравнение этих методов на тестовых сценариях и конфигурациях моделируемой транспортной системы.

Ключевые слова: арктическое судоходство, имитационное моделирование транспортных систем, ледокольное сопровождение, караван, комбинаторная оптимизация, планирование.

Труб И.И., Копытов А.А., Строганов А.А. Имитационная модель пула потоков для сервера баз данных.

Построена объектная имитационная модель пула потоков, за основу которой взята реализация, используемая в СУБД MySQL, Maria и компании Percona. Описаны входные потоки модели и примеры их распределений. Приведены результаты проверки модели, согласующиеся с известными паттернами зависимости производительности от входных параметров. Практическое значение модель имеет как инструмент статического и динамического выявления наиболее значимых для производительности параметров и их оптимального выбора.

Ключевые слова: имитационная модель, объектная модель, оптимизация, производительность, профиль нагрузки, пул потоков, уровень параллелизма.

Фараонов А.В. Ситуационное моделирование в условиях неопределенности как способ проверки подготовки специалистов.

Рассматривается ситуационная модель принятия оперативных решений при транспортировке изделий ракетно-космического назначения как неотъемлемая часть безопасного процесса подготовки к пуску. Подготовка специалистов, основанная на моделировании непредвиденной ситуации на маршруте, выборе нового маршрута доставки, обучении необходимым квалификационным навыкам и принятия решений на основе имитационного моделирования транспортно-логистических систем, моделируемых в среде AnyLogic и Business Map. Решается задача многокритериального выбора маршрутов доставки в условиях неопределенности, основанных на теории нечетких множеств.

Ключевые слова: имитационное моделирование, непредвиденная ситуация, нечеткие ситуационные сети, оптимизация управления транспортными потоками изделий ракетно-космического назначения, подготовка специалистов.

Филиппова К.А., Крылова Ю.И., Красильников И.А., Курапеев Д.И. Создание имитационной модели для проектирования реконструкции приемного отделения.

Настоящая статья посвящена имитационному моделированию как инструменту поддержки принятия решений в сфере здравоохранения. Рассмотрена задача внесения изменений в план помещений приёмного отделения НМИЦ им. В.А. Алмазова и в изменение численности медицинского персонала для достижения таких целевых показателей, как количество пересечений разных потоков пациентов, времени до первого контакта пациента с врачом и общего времени пребывания пациента в приемном отделении.

Ключевые слова: базы данных, имитационное моделирование, оптимизация процессов, проектирование системы, управление потоками, цифровые двойники.

Филяев М.П. Проблемные вопросы постановки задач при разработке имитационных моделей логистических процессов.

Рассматриваются актуальные вопросы, связанные с разработкой имитационных моделей для исследования логистических процессов, к которым в полной мере можно отнести процессы материально-технического обеспечения функционирования сложных организационно-технических систем различного назначения. Предложен интегрированный подход к решению данного вопроса, предполагающий, в том числе, применение специализированной нотации описания логистического процесса для разработки его имитационной модели. Использование рассмотренного подхода фактически является одним из определяющих условий, обеспечивающих адекватность модели и, в последующем, достоверность результатов моделирования.

Ключевые слова: имитационная модель, интегрированный подход, логистический процесс, материально-техническое обеспечение, нотация, постановка задачи, формализованное описание.

Филяк П.Ю., Потехнин Н.А. Моделирование в целях обеспечений безопасности.

Рассматриваются подходы и инструменты визуального моделирования для решения прикладных задач как общих прикладных, так и задач обеспечения безопасности, в целях повышения эффективности систем защиты объектов в целом и объектов информатизации в частности, путем дополнения моделей и политик, используемых в безопасности, традиционно представляемых в большинстве случаев в виде вербальной информации.

Фоменкова А.А., Ключарев А.А. Имитационное моделирование при определении технического состояния систем анаэробной биологической очистки.

В работе выделены особенности оценивания технического состояния систем анаэробной биологической очистки, связанные, в первую очередь, с состоянием анаэробной биомассы. Показана необходимость имитационного моделирования для разработки алгоритмов мониторинга технического состояния системы анаэробной очистки. Проведен численный эксперимент на разработанной имитационной модели, позволивший сформировать агрегированную модель системы анаэробной биологической очистки как объекта анализа технического состояния при выявлении причин деградации биомассы.

Ключевые слова: биологическая очистка сточных вод, деградация анаэробной биомассы, имитационное моделирование, техническое состояние.

Хлопьяк В.Г. Оптимизация систем массового обслуживания методом статистических испытаний.

В работе рассматривается применение метода статистического (случайного) поиска для оптимизации систем, математические модели которых могут быть представлены в виде систем массового обслуживания. В качестве примера рассмотрена оптимизация однофазной многоканальной системы массового обслуживания с ограниченной входной очередью заявок. Особое внимание уделено вопросу разработки моделирующего алгоритма оптимизируемой системы.

Ключевые слова: оптимизация, системы массового обслуживания, статистические испытания

Черненко В.Е. Тестирование имитационных моделей в AnyLogic с помощью JUnit.

В статье предлагается структура проекта для разработки имитационной модели в среде AnyLogic, подходящая для организации удобного процесса тестирования модели с помощью библиотеки JUnit. Приводится пример модели в AnyLogic, содержащей функциональные тесты. Предлагаемый подход к тестированию может также применяться для демонстрации способов использования разрабатываемых библиотек ИМ. Все материалы, связанные со статьей, находятся в открытом доступе на GitHub.

Чернов А.О. Совершенствование технологических процессов автосборочной линии с использованием цифровых двойников.

В статье описаны суть и основные преимущества имитационного моделирования и цифровых двойников производственных процессов. Приведен пример работы с цифровым двойником сборочной линии автомобильного производства, в частности обозначены основные показатели, позволяющие определить снижение производительности конвейерной линии.

Ключевые слова: имитационное моделирование, имитационная модель, Индустрия 4.0, сборочная линия, цифровой двойник.

Чернышев К.Р. Конструирование и моделирование рекуррентных алгоритмов обобщенной стохастической аппроксимации.

Предложен метод построения рекуррентных алгоритмов параметрической идентификации на основе некоторого обобщения процедуры стохастической аппроксимации. На основе имитационного моделирования работы полученных алгоритмов продемонстрированы свойства их сходимости в сравнении с традиционными алгоритмами.

Ключевые слова: имитационное моделирование, параметрическая идентификация, рекуррентные алгоритмы, стохастическая аппроксимация.

Шаданова Е.А., Мицель А.А. Имитационное моделирование показателя общей эффективности оборудования.

В статье рассмотрен новый подход к оценке показателя общей эффективности оборудования (ОЕЕ). Подход основан на имитационном моделировании критериев A , P и Q в рамках известных законов распределения случайных чисел и нахождении результирующей плотности распределения показателя ОЕЕ. Приведены примеры расчёта характеристик показателя ОЕЕ (математическое ожидание и дисперсия) на основе установленного теоретического закона распределения.

Ключевые слова: доступность, имитационное моделирование, качество, общая эффективность оборудования, плотность вероятности, производительность.

Шалкин Р.С. Использование виртуальной реальности для оптимизации планирования парковочного пространства.

В статье описаны важность оптимизации парковочного пространства, последствия неправильного планирования и преимущества использования технологии виртуальной реальности. Приведено описание разработанного приложения, которое позволяет проверять маневренность автомобиля при осуществлении параллельной парковки.

Ключевые слова: автомобили, виртуальная реальность, имитационное моделирование, парковочное пространство.

Шальнев И.О., Кулешов С.В. Подходы к моделированию каналов передачи данных между автономными робототехническими комплексами.

В статье рассматриваются некоторые подходы к решению имитации проблем связи в группе автономных робототехнических комплексов (РТК) в рамках моделирующего комплекса, созданного на базе инструментов ROS и Gazebo. Объектом моделирования являлся коммуникационная среда между автономными робототехническими комплексами, образованная оптико-электронным устройством ведущего РТК для обеспечения широкополосного канала связи с ведомыми РТК.

Ключевые слова: каналы передачи данных, моделирование, оптическая система связи, проблемы передачи данных, широкополосная передача данных, РТК.

Шаповалов Д.В., Пачин А.В., Есипов Е.Н. Обобщенная концептуально-информационная модель функционирования системы поставки запасных частей для мобильного комплекса.

В представленной статье разработана концептуально-информационная модель функционирования системы поставки запасных частей для мобильного комплекса, проанализированы возможные пути построения аналитико-имитационной модели рассматриваемой системы.

Ключевые слова: автономность, мобильность, система поставки запасных частей, типовые элементы замены.

Шарков И.К., Крылов В.М. Планирование и оценка качества систем физической защиты с помощью имитационного моделирования.

В данной статье рассматриваются проблемы оценки качества систем физической защиты (СФЗ) на этапе ее проектирования. Оценивать качество предлагается с помощью имитационного моделирования в программном комплексе «АКИМ». Программный комплекс «АКИМ» использует чертеж планируемой СФЗ для автоматического построения агентной модели, позволяющей моделировать атаки, действия охраны, оценивать защищенность объекта, и добиваться требований, предъявляемых к системе защиты.

Ключевые слова: агентное моделирование, АКИМ, графическое проектирование, имитационное моделирование, оценка качества, система физической защиты.

Шарков И.К., Сениченков Ю.Б., Колесов Ю.Б. Моделирование и оценка качества систем физической защиты на основе агентного подхода и алгоритма событийно-управляемых траекторий.

В статье описан новый метод моделирования и оценки систем физической защиты (СФЗ) на основе агентного подхода и алгоритма событийно-управляемых траекторий на базе гибридных автоматов. Агентный подход позволяет создать модель СФЗ приближенную по своим свойствам и характеристикам к реально существующим системам, а алгоритм событийно-управляемых траекторий автоматизирует процесс постановки сценариев проникновения, исключая необходимость использования заранее заготовленных экспертом сценариев и графов путей.

Ключевые слова: агентное моделирование, гибридный автомат, граф путей, имитационное моделирование, инженерные средства охраны, нарушитель, охранник, оценка качества, система физической защиты, событийно-управляемые траектории, технические средства охраны.

Шафранюк А.В., Прокопович В.В. Построение стенда моделирования гидроакустических систем.

Доклад посвящён вопросам построения программно-аппаратного обеспечения стенда моделирования и разработки гидроакустических систем. Приводится краткий обзор существующих разработок в этой области. Рассматриваются основные принципы построения стенда и его эксплуатации на основе личного опыта авторов доклада.

Ключевые слова: гидроакустика, стенд моделирования.

Шумилов С.С., Ястребов Д.М. Использование имитационной модели для оптимизации вероятностно-временных характеристик системы управления.

Рассмотрена актуальная задача повышения оперативности иерархической системы управления реального времени за счет рационального распределения ресурсов и уменьшения времени разработки управляющих документов на объектах системы. Формально поставлена задача распределения ресурсов в иерархической системе управления по объектам с целью оптимизации ВВХ.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, имитационная модель, оперативность, оптимальное проектирование.

Щирий А.О. Комплексное имитационное моделирование для отладки и проведения испытаний адаптации загоризонтных радиолокационных станций декаметрового диапазона к геофизическим условиям.

В работе показана необходимость адаптации загоризонтных радиолокационных станций декаметрового диапазона к геофизическим (ионосферным) условиям, и говорится о перспективах применения алгоритмов машинного обучения для этих задач. При этом отработку, отладку и испытания новых моделей ионосферы и алгоритмов адаптации предлагается производить посредством комплексного имитационного моделирования мультиагентного типа. Приводятся общие принципы построения и архитектура моделирующей системы. Показаны основные требования к основным модельным агентам, их роль и место в комплексной моделирующей системе. При этом особое внимание уделено моделям фоно-целевой обстановки. Рассмотрены перспективы использования стандарта IEEE 1516-2010.

Ключевые слова: дискретно-событийное моделирование, загоризонтные радиолокационные станции, зондирование ионосферы, имитационное моделирование, ионограммы, ионосфера, машинное обучение, мультиагентное моделирование, обработка ионограмм.

Якимов В.Л., Бородюк А.А., Ряхова Е.А. Стохастический дискретно-событийный подход к реализации диагностической байесовской сети бортовой аппаратуры космического аппарата.

Рассмотрена реализация байесовских сетей в среде имитационного моделирования AnyLogic. Предложен дискретно-событийный подход к построению модели на основе байесовской сети и стохастический алгоритм ее опроса как на этапе обучения, так и на этапе ее применения. Представлен пример использования предлагаемых решений для разработки диагностической модели сложной технической системы на примере бортовой аппаратуры космического аппарата.

Ключевые слова: байесовская сеть, имитационное моделирование, техническая диагностика.

Alekseev A.V. Theory of practice of polymodel analysis, synthesis and optimization of heterogeneous objects of marine equipment and marine infrastructure.

In the interests of finding technical and technological solutions that are invariant to the specifics of the operating conditions, the results of the development of the Polymodel qualimetric method of system optimization of heterogeneous objects of marine equipment and marine infrastructure (OMTI), including critical infrastructure objects, are summarized. The main provisions of the theory of practice and promising directions for the development of the technology of polymodel qualimetric analysis, synthesis and optimization of organizational and technological solutions in the management of the development of OMTI are formulated.

Keywords: control robotization, development management, theory of practice, safety of navigation, synthetic qualimetry.

Alekseev A.V., Sokolov B.V. Modeling of complex systems: evolution of views and concepts, polymodel complexes, problems and directions of development.

The digital transformation of society is inextricably linked with the development of technologies for modeling the management of complex systems, processes and their quality. It is shown that the choice of methods and means should ensure the best achievement of modeling goals in terms of system quality indicators – polymodel research and optimization of models of proposed solutions based on digitalization of system properties, verification of their indicators and validation control, intellectualization of goal-setting processes, development of conceptual and design solutions.

Keywords: development qualimetry, goal setting, modeling objects, management intellectualization, optimization, system properties.

Badryzlov V.A., Yudina M.N. Research of the processes of distribution of information in the social network by the simulation method.

The method of imitation the study of the dissemination of information in the graph of a social network. A scheme for conducting simulation experiments is given, an interpretation of the results is given, and a plan for further research is proposed.

Keywords: distribution of information, graph, simulation, social network.

Balukhto A.N., Sokolov B.V., Karsaev O.V. iWebsim cloud platform as a tool for space system simulation.

The article deals with simulation technologies and functionality of the first domestic cloud platform iWebsim as a means of simulation of complex dynamic systems. The results of experimental refinement of this platform in the interests of rapid creation, in the mode of visual design, of high-quality simulation models of space systems are presented. The prospects for the development of the created software platform in the interests of providing integrated simulation of space systems for various purposes and their components are determined.

Keywords: cloud technologies, complex dynamic systems, simulation technologies, space systems.

Begicheva S.V. Development of a simulation model of a complex quality assessment of emergency care.

The study is devoted to the development of a simulation model for a comprehensive assessment of the quality of emergency medical care. The author proposes to supplement information on the quality of medical care, which, according to A. Donabedian's approach, can be taken from three categories: "quality of structure", "quality of the process" and "quality of results", with information from the category "quality of living environment". Based on the proposed conceptual model of the ambulance quality, the concept of modeling the ambulance activity was determined, which consists in identifying submodels, the totality of which will allow to comprehensively take into account all categories of ambulance quality. An example of the implementation of a model that combines a combination of system and agent-based modeling methodologies is given.

Keywords: Donabedian model, emergency medical care, multiapproach model, simulation modeling, quality of medical care.

Brancevich P.J., Lapitskaya N.V. Digital processing of vibration signals in the assessment of technical condition turbine units.

Obtained by computerized vibration control systems long realizations of vibration signals are subject to rapid automated processing, to provide the user with the required information and formulate conclusions about changes in the technical state of the controlled object. Compare decomposition into periodic and noise-like components, band-pass spectral analysis, wavelet analysis, Hilbert-Huang transform, as methods of primary analysis initial vibration signals, received when emergency situation during the operation of the rotary-type mechanism.

Bubnov V.P., Shardakov K.S. Mathematical models and calculation methods for a distributed data network monitoring system.

The paper describes a parallel-sequential model of a non-stationary service system that simulates the operation of Zabbix monitoring system based on a distributed architecture. A recursive algorithm with grouping to form a list of states of such a system and its block diagram is presented. Transition rules between states are derived and transition diagram is presented. An algorithm for forming the matrix of coefficients of such a model for the system of ordinary differential Chapman-Kolmogorov equations and its block diagram are considered. The advantages of using this algorithm over the recursive one are shown. A non-stationary probabilistic simulation model of metrics processing at two levels is developed. The first level is represented by parallel proxy servers, the second - by the main server. A methodology for choosing an appropriate hardware and software configuration of a distributed monitoring system for a data network under non-stationary peak load conditions is proposed. Application of the methodology for choosing the optimal hardware and software configuration of a distributed monitoring system allows to solve different tasks at different stages of the system life cycle, at the design stage - to choose hardware and software characteristics for the servers in the system, at the operation stage - to decide on horizontal or vertical scaling of the system or to fully upgrade it to the state required to support the required level of service

Keywords: coefficient matrix generation algorithm, recursive with grouping, ODU, non-stationary mass service system, monitoring system, numerical-analytical method, Zabbix.

Bykov N.V. Cellular automata simulation of heterogeneous traffic flow.

The paper proposes a simulation model of a heterogeneous transport system consisting of human-driven and automated vehicles. The description of the time evolution of the system is based on the modified Wolfram rule No. 184 for an elementary cellular automaton. It is taken into account that a group of sequentially moving automated vehicles can form a platoon. The influence of the ratio of the types of vehicles in the system on the characteristics of the traffic flow has been studied.

Keywords: automated vehicles, cellular automata, heterogeneous traffic, simulation, traffic flow.

Bykov N.V., Tovarnov M.S., Fedulov V.A., Vlasova N.S., Pozharskii A.A. A simulation model for evaluating the effectiveness of counterfire to UAVs.

The paper proposes a simulation model for evaluating the effectiveness of physical countermeasures to unarmed UAVs. The model is based on a discrete-event approach. It takes into account the flight and overall characteristics of UAV, which determine the trajectory of its movement in three-dimensional space and drone's shape. The model also takes into account the time and accuracy characteristics of the automatic guns. The model makes it possible to evaluate the effectiveness of countermeasure to both a single UAV and a group of drones

Keywords: fire efficiency, simulation, UAV, UAV countermeasures

Bykova V.S., Mashoshin A.I. Results of autonomous underwater vehicle control system modeling.

The creation of an effective AUV control system is one of the main problems in the development of underwater robotics. Since the development of algorithms implemented by the AUV control system is difficult in real conditions, they must be worked out by modeling using a special stand that adequately reproduces the conditions for performing a real mission. The report presents the structure of the multi-agent AUV control system, describes the structure of the software of the AUV control system modeling stand, presents the results of modeling the heavy-class AUV control system.

Keywords: Autonomous underwater vehicle, AUV control system, simulation of AUV control system.

Chernenko V.E. Using JUnit to test AnyLogic simulation models.

The paper proposes structure of the project that allows developers to conveniently perform testing of AnyLogic simulation models using JUnit library. The example of simulation model and its functional tests are described. Apart from testing, the proposed approach can be used to demonstrate the functionality of simulation libraries. All source codes and resources described in the paper are openly available on GitHub.

Chernov A.O. Improving the technological processes of the vehicle assembly line with the use of digital twins.

The article describes the essence and main advantages of simulation and digital twins of production processes. An example of working with a digital twin of an automobile production's assembly line is given, in particular, the main indicators that allow determining a decrease in the productivity of a conveyor line are described.

Keywords: assembly line, digital twin Industry 4.0, simulation, simulation model.

Chernyshov K.R. Constructing and simulating recursive algorithms of the generalized stochastic approximation.

A technique to construct recursive parameter identification algorithms is proposed on the basis of an extension of the stochastic approximation procedure. Jointly with an instrumental variables method criterion, such an approach enables one to obtain strongly consistent recursive algorithms under conditions of a large generality of identified system description. Based on the simulation, convergence properties are demonstrated in the comparison with conventional algorithms.

Keywords: parametric identification, recursive algorithms, simulation, stochastic approximation.

Demin A.G. Calculation of a supply chain for a new mining deposit in difficult conditions using simulation modeling.

Simulation modeling is the most effective and relevant approach to calculate the supply chain economy for a new mine. The paper describes a simulation solution for the construction, commissioning and operation of a new mine field, which allows considering natural and technological risks. The application of the simulation model can be expanded by creating a supply chain digital twin.

Keywords: AnyLogic, discrete event modeling, GIS, logistics modeling, modeling, simulation supply chain.

Devyatkov T.V., Fedotov M.V., Devyatkov V.V. Simulation study of the museum's pedestrian logistics.

The process of formalization, model development, and application design and simulation study of the project of the Atomic Energy Museum at VDNH is described. In the course of the research, the evaluation of design solutions for the technology of organizing the admission of visitors to the museum, organizing routes for bypassing the exposition, analyzing the load level and evaluating the throughput of access control equipment, maintenance, individual halls and premises was carried out. The possible scenarios of the flow of visitors to the museum were analyzed in order to determine the limits of the capacity and develop various options for using the infrastructure during peak loads and at minimum load. Based on the results of the study, practical recommendations were developed for changes to the project for the effective operation of the museum in the future.

Keywords: agent-based modeling, discrete-event modeling, service technologies, simulation model, visitor flow, UNITY platform.

Devyatkov T.V., Minnikhanov R.R., Shestyuk V.M. Practical application of simulation.

The potential of using simulation modeling and the processes of changing the level of its practical use are analyzed. The main methodological, technological and software trends influencing the increase in the level of the use of modeling are highlighted. The influence of the mass development of BIM models in construction and their use in simulation studies is considered in more detail. Also, fundamentally new possibilities of using simulation models in the contour of strategic and operational management of complex systems are described, which became possible by increasing the potential of simulation. An example of the transition of a potential application to a practical one within the framework of the GPSS Studio modeling environment is given.

Keywords: BIM, DDMP, GPSS Studio, simulation, technological trends.

Devyatkov V.V., Devyatkov T.V., Fedotov M.V. Simulation of access control systems and movement of employees and visitors in a business center.

A simulation application for the study of pedestrian logistics in a large business center is described. The application consists of a discrete-event model designed for quantitative calculations of flows and loading, and an agent-based model necessary for 3D visualization of flows. The results of a practical simulation research are presented.

Keywords: agent-based model, discrete-event model, GPSS Studio, simulation, simulation application, Unity.

Dolmatov M.A., Devyatkov T.V. Experience and perspectives of application of virtual reality technologies for visualization of results of simulation of operation of production systems of shipbuilding enterprises.

The article briefly presents the experience of using virtual reality technologies to solve the problems of visualizing the results obtained during simulation studies based on the domestic software solution AC Sirius, as well as the prospects for their further application.

Keywords: shipbuilding industry, simulation, results, virtual reality, visualizing.

Dolmatov M.A., Plotnikov A.M. Features of development and implementation of simulation models of operation of production systems of shipbuilding enterprises.

The article summarizes the experience of JSC «SSTC» in the development and implementation of simulation models in the Russian shipbuilding industry.

Keywords: development, enterprises, implementation, shipbuilding industry, simulation model.

Eremenko D., Topaj A., Medvedev S. Application of remote sensing data in crop simulation models – problems and prospects.

The article is about the problem of improving the estimates of the actual or forecasted yield of agricultural crops, obtained using crop simulation models. The method is to integrate the remote sensing data for simulated crops in the current growing season into the procedure of model calculations. Several alternative methods are considered and the results of applying the recalibration method to assess the yields of rice and wheat in the Rabi 2021 season in the Republic of India are presented.

Keywords: crop model, crop remote sensing, machine learning, production process, NDVI.

Faraonov A.V. Situational modeling in conditions of uncertainty as a way to check the training of specialists.

The situational model of operational decision-making during the transportation of rocket and space products is considered as an integral part of the safe process of preparation for launch. Training of specialists based on modeling an unforeseen situation on the route, choosing a new delivery route, training the necessary qualification skills and decision-making based on the simulation of transport and logistics systems modeled in the AnyLogic and Business Map environment. The problem of multi-criteria selection of delivery routes under conditions of uncertainty based on the theory of fuzzy sets is solved.

Keywords: fuzzy situational networks, optimization of traffic flow management of rocket and space products, simulation modeling, training of specialists, unforeseen situation.

Filippova K.A., Krylova Yu.I., Krasilnikov I.A., Kurapeev D.I. Creation of a simulation model for the design of the reconstruction of the admission department.

This article focuses on simulation modeling as a decision support tool in healthcare. The problem of making changes to the plan of the hospital admission department of The Almazov National Medical Research Centre and in the number of medical personnel to achieve such targets as the number of intersections of different patient flows, the time until the patient's first contact with the doctor and the total time of the patient's stay in the hospital admission department was considered.

Keywords: databases, digital twins, flow control, simulation, process optimization, system design.

Filyaev M.P. Problemal issues of problem statement when developing simulation models of logistic processes.

Topical issues related to the development of simulation models for the study of logistics processes are considered, which fully include the processes of material and technical support for the functioning of complex organizational and technical systems for various purposes. At the same time, the main attention is focused on the stage of setting the problem, which requires a formalized presentation of the modeled process for the developer. An integrated approach to solving this issue is proposed, including the use of a specialized notation for describing the logistics process for the development of its simulation model. The use of the considered approach is actually one of the defining conditions that ensure the adequacy of the model and, subsequently, the reliability of the modeling results.

Keywords: formalized description, integrated approach, logistics process, logistics, notation, simulation model, problem statement.

Filyak P.Y., Potekhin N.A. Modeling for security provisions.

Approaches and tools of visual modeling are considered for solving applied problems of both general applied and security tasks, in order to increase the effectiveness of object protection systems in general and informatization objects in particular, by supplementing models and policies used in security, traditionally presented in most cases in the form of verbal information.

Fomenkova A.A., Klucharev A.A. Simulation modeling in technical state determining of anaerobic biological treatment systems.

The paper highlights the features of technical state determining of anaerobic biological treatment systems, associated primarily with the state of anaerobic biomass. The necessity of simulation modeling for the development of algorithms for monitoring the technical state of the anaerobic treatment system is shown. A numerical experiment was carried out on the developed simulation model, which made it possible to form an aggregated model of an anaerobic biological treatment system as an object of analysis of the technical state when identifying the causes of biomass degradation.

Keywords: degradation of anaerobic biomass, biological wastewater treatment, technical condition, simulation.

Galich Y.G. Investigation of the method of "guiding hyperballs" for optimization of homogeneous non-markov networks with limited buffer sizes.

A gradient analytical-simulation method of "guiding hyperballs" is being studied to optimize a homogeneous non-Markov queueing network, the buffer sizes of each node of which are limited. The specified method is being tested to solve the problem of optimal resource distribution across the nodes of an open network, in which there is a non-zero probability of application losses, and the total probability of losses is limited. The relevance of the study is due to the lack of accurate analytical methods for solving such a problem for complex organizational and technical systems.

Keywords: analytical and simulation modeling, limited buffer sizes, non-Markov queueing network, optimization.

Gostev V.M. The information flows modeling in mobile communication systems.

The issues of modeling data transmission processes in mobile networks of the fifth generation (5G) are discussed. The main features of the organization of the design process of 5G core networks based on the design optimization system are considered.

Gruzlikov A.M, Litunencko E.G., Kolesov N.V., Tolmacheva M.V. Organization of information processing using network models.

An approach to scheduling real-time distributed computing systems using scheduling methods based on network models (such as flow-shop) is considered according to the criterion of the minimum average job time spent in the system. The paper proves suboptimal algorithms based on the linear solvable class system algorithm. The results of modeling are presented for a model of a general computing system.

Keywords: flow-shop planning, solvable classes of systems, real-time computing systems.

Iskhakov A., Malikov R. Educational, electronic manuals and software simulators for computer and simulation modeling of complex systems and objects.

This article provides information on the development of educational, electronic manuals and training simulators for computer and simulation modeling of complex systems and objects. The purpose of the development is to form the research competencies of bavalavs of future engineers based on computer and simulation modeling in the GPSS-Studio, NetLogo, AnyDynamics environments.

Keywords: discrete-event modeling, dynamic systems modeling, electronic textbooks, multi-agent modeling, research competencies, Anydynamics, GPSS-Studio, NetLogo.

Khlopyak V.G. Optimization of massive service systems by the method of statistical tests.

The paper considers the application of the statistical (random) search method for optimizing systems whose mathematical models can be represented as queuing systems. As an example, the optimization of a single-phase multi-channel queuing systems with a limited input queue of applications is considered. Special attention is paid to the issue of developing a modeling algorithm for an optimized system.

Keywords: optimization, queuing system, statistical tests.

Kim T.Yu., Prapakovich R.A. The use of digital twin technologies in the educational process for technical students.

A software and hardware complex has been developed to study methods of controlling robotic devices. The complex includes two types of training robots - a parallel manipulator and a mobile robot, microcontroller control systems, as well as their digital counterparts developed in the MATLAB / Simulink environment. Mobile robot RoboCake, designed following line at a predetermined speed and a robotic arm to control and move objects. The use of the Support Package for Arduino Hardware, which generated the executive code for the selected Arduino Mega 2560 microcontroller board, showed the stability of the hardware part of the control system. The developed digital twin will help students in the educational system.

Keywords: Arduino, control system, digital twin, MATLAB/Simulink, microcontroller, parallel manipulator, simulation.

Kindinova V.V., Krinetsky E.O., Kuznetsova E.V. System dynamics for students of IT specialties.

The paper analyzes the experience of teaching system dynamics in the preparation of students specializing in computational mathematics and programming at the Faculty of Applied Mathematics and Physics of the Moscow Aviation Institute. The necessity to show the mathematical foundations and limitations of system dynamics is substantiated, a description of the structure and content of the course is provided.

Keywords: adequacy, dynamic systems, Forrester's concept, predictive capabilities, system dynamics, system analysis, system-dynamic models, tools.

Kiselev N., Martynova L. A simulation model for estimating the efficiency of a hybrid power supply system of an autonomous underwater vehicle.

The developed simulation model for evaluating the efficiency of a hybrid power supply system for an autonomous unmanned underwater vehicle for long autonomous navigation is described. The simulation model for evaluating the effectiveness is designed to control the compliance of the developed hybrid power supply system with the required standards and to select an effective version of the technical and algorithmic solution. The results of a numerical experiment obtained using the developed simulation model are presented.

Keywords: autonomous underwater vehicle, efficiency assessment, hybrid power supply system, simulation model.

Kobelev N.B., Sokolov B.V. The place and role of integrated modeling in solving the problems of national and global security.

In the report, for a constructive description of causal relationships between elements and subsystems of conceptual models used to solve problems of national and global security, various classes of analytical-simulation, logical-linguistic, logical-algebraic models and their combinations were proposed, as well as a generalized structure of choice scenarios of their interaction is of great practical importance. This generalized structure allows, at the stages of conceptual modeling of the subject area and object-oriented specification, to reasonably determine the composition and structure of the integrated decision support system used in solving various classes of problems of ensuring global and national security, as well as assessing the quality of the corresponding models and poly-model complexes.

Keywords: complex modeling, choice structure, global and national security, models, poly-model description.

Kolesov Yu.B., Senichenkov Yu.B. AnyDynamics – the new version of Rand Model Designer.

AnyDynamics is a new universal tool for modeling and simulation complex dynamical systems using a graphical modeling language AnyDynamics allows to develop continuous, discrete and hybrid (events-driven) models using algorithm-based or equation based approaches. Models can be both single-component and multi-component with directional and non-directional connectors (causal and non-causal systems). The tool supports agent-based approach also. Created computationally efficient models can be used for carrying out scientific computing experiments, including using external devices and instruments; development of real-time embedded applications for large-scale industrial complexes; model-based designing technical multi-domain systems containing devices of various physical nature; creating computer simulators, and in training.

Keywords: agent-based (simulation) modeling, object-oriented modeling, object-oriented modeling languages, tools for modeling and simulation.

Kudryashov A. Use of stochastic time Petri nets for modeling control commands delivery to a spacecraft.

An analytical and simulation model is presented for the transmission and implementation of control commands on board the spacecraft, which are recruited at automated workstations by operators of flight control centers (points). To create the model, a stochastic temporary Petri net with control positions, specially modified for the task at hand, was used. The developed model is supposed to be used as a simulator to improve the practical readiness of the relevant specialists.

Keywords: accounting for uncertainty, analytical and simulation model, command and measurement system, flight control center, one-time team, incidence matrix, Petri net, spacecraft, technological operation, random number.

Kukovinets A.V., Chekin A.Y., Kovaldzhii K.V. Simulation modelling of the electric wheel braking system of an aircraft taking into account contact interaction.

This paper highlights aspects related to the approaches to simulation modelling of complex systems and the choice of numerical integration methods. Mathematical models of contact interaction in Matlab Simulink and Simcenter Amesim software environments are considered from the position of the relay nature of the friction formation functions. The results of simulation modelling of the test bench for braking systems are presented and a modification of the functions for calculating the friction coefficient is proposed.

Keywords: braking system, computer simulation, contact interaction, more electric aircraft, numerical integration.

Kuzmin Y., Volkanov D. Simulation model application in the stateful network processing unit architecture development.

This article presents the RuNPU network processing unit (NPU) simulation model application for the NPU architecture modifications evaluation. The modifications that allow to use stateful data-plane algorithms requiring state synchronization between NPU ports are considered. The NPU simulation model and NPU architecture evaluation are described. A conclusion is made about the proposed modifications applicability.

Keywords: architecture evaluation, network processing unit, simulation model.

Kuznetsov A.V., Shishkina A.L. Comparison of simulation and analytical models for the distribution of a group of agents in random directions.

The article presents simulation models of a multidimensional random walk of many agents, in which at each step it is possible to rotate the moving agent by an arbitrary angle. The model includes parameters that control the intensity of the walking process and the characteristics of the environment in which this walk occurs. Works on this topic mainly concern the discrete case of a random walk, in particular, when the walk occurs along a lattice oriented parallel to the rectangular coordinate axes of a k -dimensional Euclidean space. In this article, we consider the case of a random walk, continuous in spatial coordinates, where the direction of a wandering object can randomly change from one step to another. With the help of simulation modelling, we reveal the meaning of the control parameters in the investigated model.

Keywords: random walk, multi-agent model, migration model, simulation model, Bessel function.

Kuznetsov I.S., Sinoviev V.V., Nikolaev P.I., Kuznetsova A.V. Simulation modeling specialized computer system for researching open and underground geotechnology parameters.

Simulation modeling specialized computer system for researching open and underground geotechnology parameters is described in the paper, it allows to evaluate the technological performance of the excavating vehicle complex and Highwall Miner complex as well as the specific costs of excavation and transportation of rock mass and to choose the optimal or suboptimal combination of technological parameters by simulating the joint work of mining machines, taking into account their probabilistic downtime and the dynamics of work.

Keywords: coal mining, computer simulation system, discrete event simulation modelling, excavating vehicle complex, genetical algorithm, geotechnology, highwall mining complex, optimization, mining machines.

Laskin M.B., Talavirya A.Yu. Estimation of traffic flow density based on simulation of toll collection point.

Testing of simulation models is being discussed in conferences and publications since at least 1988. The importance of such testing is widely recognized by professional community and increases with the scale of decisions supported by respective models. However, there is lack of support for testing in commercially available simulation tools. The paper describes an example of how testing of a complex model can be organized. The example illustrates how standard approaches used in the wider software development industry can be applied to simulation. The specific aspects of simulation modelling with regards to testing are reviewed. The requirements to simulation testing tools and the difficulties of simulation models testing are discussed.

Litunenko E.G., Gruzlikov A.M., Skorodumov Y.M., Kolesov N.V., Tolmacheva M.V. Model and algorithm of autonomus underwater vehicles Interaction hydroacoustic network.

The paper presents a description of the model of interaction between autonomous underwater vehicles of an underwater sonar network with a spatial resolution of the radiation source. The problem of dynamic routing, taking into account changes in the network topology, is considered. The problem is reduced to an optimization problem and can be solved by simulation. The description of the software implementation of the network operation simulator is given.

Keywords: autonomous underwater vehicles, routing, underwater communication.

Loginov K.K., Pertsev N.V., Topchii V.A. Numerical modeling of the spread of the epidemic based on a stochastic stage-dependent model.

The article considers an approach to statistical modeling of the epidemic spread in a certain region based on a continuous-discrete stochastic stage-dependent model and the Monte Carlo method. The stochastic model takes into account the heterogeneity of the population according to immunological, clinical, epidemiological and demographic characteristics. The model combines a population-based and individual-based approaches. A brief probabilistic formalization of the model and information about the algorithm for direct statistical modeling are presented. A numerical study of the dynamics of cohorts of individuals for sets of parameters reflecting the vaccination of the population and the appearance of a new strain of the virus was carried out.

Keywords: epidemic, epidemiology, spread, Monte Carlo method, non-Markov random process, stage-dependent model.

Malykhanov A.A., Chernenko V.E. Testing of simulation models.

Testing of simulation models is being discussed in conferences and publications since at least 1988. The importance of such testing is widely recognized by professional community and increases with the scale of decisions supported by respective models. However, there is lack of support for testing in commercially available simulation tools. The paper describes an example of how testing of a complex model can be organized. The example illustrates how standard approaches used in the wider software development industry can be applied to simulation. The specific aspects of simulation modelling with regards to testing are reviewed. The requirements to simulation testing tools and the difficulties of simulation models testing are discussed.

Martynyuk V.Ph. COVID-19 spread simulation model.

COVID-19 spread simulation model is presented. The model is based on the concepts adopted in the analysis of chain reactions. The number of infected people capable to infect others was taken as the determining parameter of the system. The model allows us to assess the impact of changes in parameters related to management decisions on the dynamic behavior of the system, determined by changes in the number of infected. The model allows us to determine the critical values of the transmission coefficient of infection that determine the achievement of collective immunity.

Keywords: COVID-19, spread of infection.

Maryashina D.N., Devyatkov T.V., Devyatkov V.V., Kharisov I.Z. Research of the production logistics system of a pulp plant.

A simulation study of a project for a production logistics system for a large pulp mill is described. First, the logistics system is formalized in the form of a queuing system and a number of optimization problems are formulated. In view of the increased complexity and scale of the system, the study of this system is carried out using the method of simulation. For this, the discrete-event simulation environment is used. The process of creating a model is shown and the most interesting research scenarios and their results are presented.

Keywords: GPSS STUDIO, life cycles, production logistics, pulp mill, simulation.

Maryashina D.N., Serdinskaya J.A., Ten A.M. Modeling a network of crossroads.

The process of creating a library of micro models of intersections and the possibility of creating an enlarged model of a segment of the road network using them is described. An example of the development of a micro model in the GPSS Studio modeling environment is given. User dialogs on data entry and analysis of results are shown and described. The ways of further improvement of micro models in terms of accounting for pedestrian flows are proposed.

Keywords: GPSS Studio, micro model, simulation modeling, UDS.

Maryasin O., Lukashov A. Simulation of enterprise's energy supply variants for the estimation of the carbon footprint.

The article describes a set of simulation models designed to assess the carbon footprint when choosing energy supply variants for enterprises. The models compare different energy supply variants in terms of annual carbon dioxide emissions. The models also allow assessing the impact of various design and operational parameters of energy sources on the carbon footprint. The models can be easily adapted by changing parameters for any enterprise using conventional and renewable energy sources.

Keywords: AnyLogic, carbon footprint, greenhouse gases, renewable energy sources, photovoltaic panel, wind power generator.

Medvedev S.N., Aksyonov K.A. Application of the order distribution information system for efficient capacity utilization at the machine-building enterprise

The article compares the enterprise resource management systems, determines their pros and cons, considers the scope of application, as well as their functional features, including the presence of a modeling module. The developed information system is considered, consisting of three modules, a module for determining the optimal distribution plan, a modeling module for "running" the model and comparing data with the optimal result, as well as a module for analyzing, accounting and moving parts.

Keywords: information technology, production planning.

Mikoni S. Simulation of preferences of decision maker in the system of selecting and ranking SVIR.

The problem of reconciliation of formal estimates of objects calculated on the basis of the multivariate estimation model and estimates made by a decision-maker is considered. The factors influencing the multidimensional assessments of objects are indicated. Their role in imitation modeling of decision makers' preferences is explained. The characteristic of the SVIR selection and ranking system is given, which meets the requirements of simulation modeling of decision makers' preferences. Specific tasks solved on this system are listed.

Keywords: control parameter, indicator, model, model training, multidimension assessment, simulation.

Murashov D.A. Analytical-simulation modeling of agents group behavior coordination processes.

The concept of behavior-based systems (BBS) can be applied to simulating agents in complex environments rather effectively. However, many systems pertaining to BBS cannot be simulated by most of the modern agent-based simulation software due to limited capabilities of the latter including systems with coordination. The following paper proposes a practical approach to simulating agents' coordination, highlights drawbacks of the approach, and delineates ways of further development.

Keywords: analytic hierarchy process, behavior-based systems, multi agent simulation.

Nikiforov N., Volkanov D. Application simulation by working out of algorithms of compression for system of translation of tables of streams of the network processor device.

This paper addresses the problem of packet classification within a network processor (NP) architecture without the separate associative device. By the classification, we mean the process of identifying a packet by its header. The classification stage requires the implementation of data structures to store the flow tables. In our work we consider the NP without the associative memory. Flow tables are represented by an assembly language program in the NP. For translating flow tables into assembly language programs, a tables translator was used. The main reason for implementing data compression algorithms in a flow tables translator is that modern flow tables can take up to tens of megabytes. In this paper we describe the following data compression algorithms: Optimal rule caching, recursive end-point cutting and common data compression algorithms. An evaluation of the implemented data compression algorithms was performed on a simulation model of the NP.

Pavlov A.N., Vorotyagin V.N., Gordeev A.V. The use of analytical and simulation modeling to assess the structural and functional survivability of a small spacecraft in conditions of destructive influences.

When solving the problem of multi-criteria structural and functional synthesis of configuration options for the onboard system of a small spacecraft, it is necessary to take into account the effects of destructive factors of outer space on radio-electronic equipment. This article considers a complex (analytical-simulation) approach to modeling effective variants of the appearance of the onboard system. Thus, at the stage of creating a dialog interactive procedure with a decision-maker, it is proposed to use an analytical model of a multi-criteria choice of the design options of the designed device. To assess the structural and functional survivability of the selected variants of the onboard system of a small spacecraft, taking into account the destructive effects, a simulation model was developed, which is based on the Monte Carlo statistical test method. An example of the practical implementation of the proposed integrated approach is presented on the example of the on-board motion control system of the small spacecraft "Aist-2D".

Keywords: analytical and simulation modeling; structural and functional survivability; on-board system appearance, multi-criteria synthesis.

Pertsev N.V., Topchii V.A., Loginov K.K. Direct statistical modeling dynamics of interacting populations based on non-markov model.

An approach to stochastic numerical modeling the population dynamics of interacting individuals based on non-Markov model and the Monte-Carlo method is presented. The model is written in the form of a multidimensional random process that takes into account the external inflows of individuals, the death of individuals under the influence of natural causes, the interactions of individuals that lead to their simultaneous death, transformations and (or) the generation of offspring in various populations. The duration of the stay of individuals in all or some of the populations is limited and is described using constants, time-dependent functions, or random variables distributed over finite time intervals. A brief probabilistic formalization of the model and information about the algorithm of direct statistical modeling of the emerging random process are given. Examples of non-Markov models arising in the problems of immunology are demonstrated.

Keywords: non-Markov random process, Monte-Carlo method, population dynamics, immunology.

Pirogov Yu.N. Sharykin F.E. Mathematical models of application processes fuel service equipment.

An analytical review of the theory and practice of applying mathematical modeling methods in the interests of optimizing the main tactical and technical characteristics, composition and staffing levels of fuel service equipment of military units and units of the Armed Forces of the Russian Federation is presented. There are given examples of implementation of models with assessment of their capabilities on justification of optimal directions of improvement of technical equipment and methods of application of samples of technical means in accordance with functional and standard purpose.

Keywords: fuel service equipment, mass service system, mathematical modeling, methods of medium and statistical tests dynamics optimization, probability theory.

Prokopovich V.V., Shafranyuk A.V. Approach to assessing the adequacy of simulation software and algorithmic.

The report is devoted to the issues of adequacy of simulation models used in the development of hydroacoustic systems. The main features of such models, which complicate the assessment of their adequacy, are presented. A method for assessing the adequacy is proposed, with an example of its application.

Keywords: adequacy, hydroacoustics, simulation model.

Pukha G.P. Implementation options for a specialized module for simulation of the navy tactical communication system.

The article discusses a variant of the implementation of a simulation model of a radio communication system for its use as a specialized module of a software complex to support decision-making when planning communications in the tactical control link of the Navy.

Keywords: communication control center, decision support system, software package, simulation model, GPSS Studio environment, specialized module.

Ramenskaya A.V., Yarkova O.N. Simulation model in the work of cargo delivery services.

In modern conditions, it is important to manage the work of transport companies, one of the stages of which is the modeling and analysis of the cargo delivery process. The article presents a simulation model of the process of cargo delivery from the receiving terminal to the issuing terminal through a transit point. The model was tested. The use of the model will allow: to assess the workload of employees, the required capacity of vehicles, the workload of warehouse premises; to develop management decisions to optimize the work of the delivery service.

Keywords: delivery services, discrete-event modeling, modeling of logistics processes, simulation modeling.

Samoilov D.V., Palei A.G. Optimization of warehouse logistics processes at the enterprise by the method of simulation modeling.

The sequence of actions for constructing a simulation model of a weakly structured system based on its cognitive model is given. The developed algorithm is used to build and study a model for optimizing logistics processes at a manufacturing enterprise. The simulation model is a digital copy of the real process and allows you to conduct experiments to optimize its parameters.

Keywords: agent model, optimization, simulation modeling.

Shadanova E.A., Mitsel A.A. Simulation of the overall equipment effectiveness coefficient.

In this article a new approach for the estimation of the overall equipment effectiveness coefficient (OEE) was considered. The approach was based on simulating the criteria A, P and Q under the well-known probability density functions of a random variable to obtain the probability function of the OEE coefficient. The calculation of the parameters of the OEE coefficient (expected value and its variance) from the determined probability function is given as an example.

Keywords: availability, overall equipment effectiveness, performance, probability density function, quality, simulation.

Shafranyuk A.V., Prokopovich V.V. Construction of a stand for modeling hydroacoustic systems.

The report is devoted to the issues of building software and hardware for the simulation stand and the development of hydroacoustic systems. A brief overview of existing developments in this area is given. The basic principles of the stand construction and its operation are considered on the basis of the personal experience of the authors of the report.

Keywords: hydroacoustics, simulation stand.

Shalkin R.S. Using virtual reality to optimize parking space planning.

The article describes the importance of optimizing parking space, the consequences of improper planning, and the benefits of using virtual reality technology. A description is given of a developed application that allows checking the maneuverability of a car during parallel parking.

Keywords: parking space, simulation, vehicles, virtual reality.

Shalnev I.O., Kuleshov S.V. Data link modeling approaches between autonomous robotic complexes.

Different approaches to solving data link imitation problems of autonomous robots group are considered in this paper. The modeling software was created through ROS and Gazebo software tools. The object of modeling was the communication environment between autonomous robots, formed by an optoelectronic device to provide broadcast data link with slave robots.

Keywords: modeling, data link, broadcast data link, data link problems, optical communication, autonomous robots.

Shapovalov D.V., Pachin A.V., Esipov E.N. A simulation model of the mobile complex spare parts supply system functioning.

The ability to provide the required values of operational indicators of modern complex technical systems is largely determined by the effective and efficient functioning of the systems for the supply of spare parts. The article describes a simulation model that allows one to study the influence of the parameters of a multi-echelon mobile support system on the equipment reliability indicator.

Keywords: autonomy, mobility, spare parts supply system, typical replacement elements.

Sharkov I.K., Krylov V.M. Planning and quality assessment of physical protection systems using simulation modeling.

This article reviewed problems of quantitative quality evaluation of Physical Protection Systems (PPS) at the stage before its implementation in real life. It proposes reach the quality evaluation of PPS using «AKIM» simulation modeling software. «AKIM» software complex use drawing of planning PPS for automatic creation of agent-based model that allows simulate intruder attacks, security guards response, evaluate quality of defense system and reach technical requirements.

Keywords: agent-based models, AKIM, graphic engineering, physical protection system, simulation modeling, terms of reference, quality evaluation.

Sharkov I.K., Senichenkov Y.B., Kolesov Y.B. Modeling and quality evaluation of physical protection systems based on the agent-based models and the algorithm of event-controlled trajectories.

The article describes a new method of simulation modeling and quantitative quality evaluation of Physical Protection Systems using agent-based models and event-controlled trajectory algorithm based on hybrid state machine. Agent-based method allows creating a PPS model that is close to real systems. Event-controlled trajectory algorithm automates the creating process of penetration scenarios and eliminates the need of using scenarios and path graph prepared by expert.

Keywords: physical protection system, simulation modeling, agent-based modeling, finite-state machine, event-controlled trajectory, path graph, quality evaluation, intruder, security guard, security equipment.

Schiriy A.O. Complex simulation for developing and testing of HF over-the-horizon radars geophysical situations adaptation.

The paper shows the need to adapt over-the-horizon radar stations of the decameter range to geophysical (ionospheric) conditions, and talks about the prospects of using machine learning algorithms for these tasks. At the same time, it is proposed to work out, debug and test new ionospheric models and adaptation algorithms by means of complex simulation of multi-agent type. The general principles of construction and architecture of the modeling system are given. The basic requirements for the main modeling agents, their role and place in the complex modeling system are shown. The prospects of using the IEEE 1516-2010 standard are considered.

Keywords: discrete event driven modeling, multi-agent modeling, ionosphere, simulation, over-the-horizon radars, ionosphere sounding, ionograms, ionogram processing, machine learning.

Sokolov B.V., Zelentsov V.A., Pimanov I.Yu., Yusupov R.M. Integrated modeling and proactive control of complex objects under emergency situations.

In the proposed report, based on the analysis of modern trends occurring in the systemic branch of scientific knowledge and caused by a new stage in the development and integration of modern management and cybernetics, the urgent fundamental scientific problem of developing the scientific foundations of a new theory of proactive (proactive) management of complex objects in emergency situations is formulated, the subject of research of which is are the methodology, methodological support and technologies of proactive management of these objects), which are the intellectual core of information and analytical systems everywhere created in situational centers, regional management centers, centers of competence. Examples of practical implementation of the developed theory are given.

Keywords: complex objects, emergencies, information and analytical system, integrated modeling, intelligent control, proactive (proactive) operational forecasting of river floods.

Sokolov B.V., Vivchar R.M., Ptushkin A.I. Simulation modeling as a tool for ensuring risk-oriented management of the process of creating complex technical systems.

This article proposes a methodology for the construction and use of simulation models in the development of a risk-based management system for the creation of complex technical systems, the functioning and creation of which occurs under conditions of uncertainty of various nature. An original approach to obtaining an approximate assessment of the stability of management programs for such systems is proposed, based on the methodology of using interval estimates of initial data on indicators of risk factors.

Keywords: complex technical interval estimates, system, software management, stability, quality of solutions, risk, risk-oriented management, simulation modeling.

Sorokin D. DVCompute++ Simulator for computers Elbrus.

The author represents his own work, DVCompute++ Simulator, which is a collection of programming libraries for discrete event simulation. It is written in the C++ programming language, which makes the simulator highly portable. One of the goals of this work was to create such a simulator that could be run on computers Elbrus. The simulator can be used for sequential, distributed and nested simulation. If nested simulation is related to Theory of Games, the distributed modules of the simulator allow running large-scale models on supercomputers. The simulator uses the unified author's modeling approach for all modes, which also allows combining different paradigms within one model. The approach is based on functional programming techniques.

Stepantsov M.E. Modeling optimal control in some scenarios of information warfare using a cellular automaton.

The paper considers the previously proposed discrete model of information warfare, obtained from a continuous analogue based on Rashevsky's neurological scheme, by replacing integro-differential equations with cellular automata. The new model now includes the influence of small groups on an individual's opinion as well as interiorization of public opinion by an individual. The simulation system based on the proposed model is used to model the optimal control in certain scenarios of information warfare. Namely we investigate the problems of optimal distribution of propaganda intensity in case of one-time destabilization and delayed (or advanced) reactions to changes in propaganda intensity by the opposing side.

Keywords: cellular automata, information warfare, simulation.

Svistunova A.S., Khasanov D.S., Kravets D.M. Agent-based modeling of the process of delivering passengers to the airport terminal.

In the article, the object under consideration is the long-term parking P4 at Pulkovo Airport and the terminal of Pulkovo airport. A scheme for the implementation of the shuttle route from the long-term parking lot to the airport terminal is proposed based on an algorithm developed as a result of the application of the agent modeling method. A feature of the agent-based modeling method is the ability to predict the behavior of a system by modeling events and states in which this system may be located. By defining the fundamental behavioral features of the system under consideration, while determining its parameters at the lowest possible and necessary level of abstraction, it becomes possible not only to predict behavior, but also to identify the shortcomings of this system. The article presents a relevant simulation model of the process of delivering passengers from the parking lot to the airport terminal based on an agent-based approach in the AnyLogic software environment and presents the results of the simulation.

Keywords: agent modeling, airport, parking, passengers, terminal, simulation modeling, shuttle bus.

Svistunova A.S., Khasanov D.S., Kravets D.M. Building a digital twin of the western high-speed diameter of St. Petersburg based on simulation simulations.

At the beginning of the XXI century, in addition to traditional computer modeling technologies, approaches began to develop that allow obtaining new knowledge about the objects and processes under study. One of these approaches is the concept of creating a digital Twin. In this paper, it is proposed to consider the application of the digital twin concept to analyze the capacity of the new interchange of the largest toll highway in St. Petersburg - the Western High-Speed Diameter (WSD). The new interchange should be put into operation no later than 2024, since there is an urgent need to reduce the ever-growing traffic load of Vasilievsky Island of St. Petersburg and add an alternative possibility of entering and exiting the WSD. To create a digital double, the initial data were analyzed and a simulation model based on these data was built. It should be noted that the construction of a digital twin of the considered system allows us to evaluate design solutions and clearly demonstrate the "bottlenecks" that will reduce throughput in the future.

Keywords: road, simulation modeling, ZSD, vehicle, Ford-Fulkerson algorithm.

Topaj A., Egorov S., Buyanov A., Karpenko A., Malykhanov A. Icebreaker fleet management in simulation models of Arctic marine transport systems.

The report raises the issue of reflecting the processes of planning and dispatching the icebreaker fleet exploitation in the simulation models of the Arctic transport systems. Several alternative approaches for assigning support tasks to icebreakers are considered: ad hoc «greedy» algorithms, a heuristic algorithm for placing icebreakers on duty areas, the use of built-in as well as third party optimization engines. The analysis and comparison of these methods are carried out on test scenarios and configurations of the simulated transport system.

Keywords: arctic shipping, convoy, combinatorial optimization, icebreaker escorting, fleet management, simulation of transport systems.

Trub I., Kopytov A., Stroganov O. Simulation of thread pool for database server.

The paper considers object-oriented simulation model of thread pool. Implementation of thread pool in MySQL, MariaDB and Percona was taken as basic. Model's input flows and their distributions are described. Model output results are consistent with known "concurrency level – throughput" dependency patterns for IO- and CPU-bound workloads. Built model has practical value as effective tool of static and dynamic analysis of the most significant parameters affecting performance and their optimal choice.

Keywords: concurrency level, optimization, object model, simulation, thread pool, workload, throughput.

Svetlana Vasileva. Some capacities for application of GPSS World in high schools.

The paper discusses some aspects of the application of queuing theory (and queuing systems) and the simulation modeling environments GPSS World and GPSS Studio to create demonstration models and use them in profiling training in high school. The classic use of simulation modeling is to study the variety of systems. But "observation windows" of simulations in GPSS World and GPSS Studio reveal new advanced capabilities of GPSS for integrating simulation modeling in the learning process. The paper gives some examples of the use of imitation models and demonstration capabilities of GPSS World and GPSS Studio in teaching materials in Practical mathematics (Empirical distributions), Programming of information systems and others.

Keywords: queuing systems, simulation models, process' synchronization, GPSS.

Volkovitskiy A., Gladyshev A., Goldin D., Karshakov E., Pavlov B., Tkhorenko M. A computer program for simulation of magnetic Gradiometry systems.

A computer program for simulation magnetic gradiometry systems is described in this paper. This program simulates the estimation procedure for the magnetic dipole moment of a moving object according to the magnetic gradiometry data. The paper considers the software architecture and intended purpose of the program and its modules, including the motion simulation module, the magnetic field module, and the magnetic dipole moment estimation module. Some numerical experiments with the simulation complex are briefly described.

Keywords: magnetic gradiometry, magnetic dipole moment, numerical simulation.

Vorobeychikov L., Sineva I. Library of typical elementary blocks queuing systems in the GPSS STUDIO environment.

The principles of development are formulated, the structure and composition of the library of standard solutions of the subject area «Queuing Systems» in the GPSS STUDIO environment are determined. A library of typical elementary blocks has been developed for generating application flows and modeling queuing systems of various types and classes. The results of testing the library blocks are presented. An example of using the library when developing a structural chart of a GPSS model of a contact center in the GPSS STUDIO environment is considered.

Keywords: contact center, GPSS STUDIO environment, GPSS model, patterns library, queuing systems, structural chart, typical elementary block.

Yakimov V.L., Borodyuk A.A., Ryakhova E.A. Stochastic discrete event approach to implementation of the diagnostic bayesian network of the on-board equipment of the space vehicle.

The implementation of Bayesian networks in the Anylogic simulation environment is considered. A discrete-event approach to building a model based on a Bayesian network and a stochastic algorithm for polling it both at the training stage and at the stage of its application are proposed. An example of the use of the proposed solutions for the development of a diagnostic model of a complex technical system is presented on the example of on-board spacecraft equipment.

Keywords: Bayesian network, simulation, technical diagnostics.

Zaharov I.V., Zikova S.S. Simulated analytical model of reconfigurable on-board computer system of spacecraft.**Zakhodyakin G.V., Demin A.S., Lychkina N.N., Morozova Y.A. Using simulation models to support a course on logistics and supply chain management fundamentals.**

This paper presents business simulations developed to support a course in logistics and supply chain management fundamentals for undergraduate management students. Business simulation “Warehouse management” is created using Anylogic software to enable understanding of warehouse processes and analysis of operational and financial performance metrics. The students are required to analyze and to debottleneck the warehouse processes and to increase the operational profit. The “Inventory management in a supply chain” business simulation is created with Anylogistix software. It enables learning of inventory policy optimization methods, as well as concepts of supply chain risk and resilience. The paper describes key decisions the students are required to make during simulation. The results for application of the simulations in an actual class are provided.

Keywords: business simulation, training simulator, simulation modeling, Anylogic, Anylogistix, supply chain management.

Zherebtsov A.A., Borshchev A.V. Simulation and linear programming: joint work of two methods on the example of optimization of supply chains.**Zykova S.S., Zakharov I.V. Simulation and analytical model reconfigurable onboard computing system of spacecraft.**

Multifunctional on-board computing systems of promising spacecraft intended for functioning under conditions of disturbing factors are characterized by the capabilities of autonomous intellectual control of the organization of the computing process and the operating modes of the element base, depending on their state and the totality of disturbing factors. The specificity of the description of the process of their functioning, taking into account the impact of a set of interrelated factors, requires clarification of the known models. The proposed simulation and analytical model of the functioning of the reconfigurable UAV spacecraft, taking into account its structural and parametric degradation, is based on the resource approach.

Keywords: disturbing factors, on-board computer system, simulation and analytical model, reconfiguration.

Zyryanov V.V., Jiang Haiyan. Application of a macroscopic fundamental diagram of the traffic flow using video surveillance system data on the road network of Jinan, China.

The article considers the feasibility of using network macromodels of traffic flow using video surveillance system data to predict the conditions of functioning of the urban road network. The effectiveness and features of the video surveillance system are described for detecting transport data. A method for modeling traffic on the basis of a generalized Pipes macromodel and a macroscopic fundamental diagram is presented. As a result of the simulation, the network states of the transport flow are presented on the example of the central part of Jinan (China).

Keywords: traffic flow, traffic modeling, video surveillance system data.