



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОБОРОННОГО КОМПЛЕКСА «КОМПАС»

ПО ЗАРУБЕЖНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ ИСТОЧНИКАМ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

АВТОМАТИЗАЦИЯ, РОБОТОТЕХНИКА И СВЯЗЬ
ДЛЯ ИНДУСТРИИ 4.0/5.0

ВЫПУСК 5, 2025



МОСКВА

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3	Обнаружение атак GPS-спуфинга на автономные транспортные средства с использованием модифицированного DBSCAN.....	9
Разработка роботизированной системы для совместной работы со станком.....	4	Оценка уязвимостей транспортных средств городской воздушной мобильности к атакам типа «Троян».....	10
Роботизированные носилки для пациента со спинальной мышечной атрофией: испытания управляемости с помощью устройств управления и мониторов пользователями с ограниченными функциональными возможностями.....	4	Набор данных OPTmicro: открытые обучающие данные для автономных микротранспортных средств.....	10
Внедрение постквантовой криптографии в коммуникационные технологии.....	5	Применение робототехники в лыжном спорте	11
Новая модификация классических контроллеров, уменьшающая отклонение системы из-за системных несоответствий	5	Проектирование системы наведения на основе объединения данных с камеры и радара для сельскохозяйственного робота	11
Квантовая и бесплазменная лазерная литография для производства чипов.....	6	Разработка и экспериментальное подтверждение специализированного модуля управления для пропорционального электромагнитного клапана в электрогидравлических системах ТМК.....	12
Рекомендации по получению информации, знаний и принятию решений в контексте Индустрии 4.0/5.0.....	6	Цифровой конвейер, связывающий данные о материалах, инженерии и производстве.....	12
Совместимое веб-приложение для управления большим объемом документации в цехе	7	Анализ данных датчиков на основе сверточной нейронной сети для управления высокочастотным линейным двигателем в реальном времени	13
Проактивный мониторинг состояния активов в энергетике и коммунальном хозяйстве: использование ИИ, робототехники и передового наблюдения для предиктивного обслуживания и предотвращения сбоев	7	Мультиагентное моделирование движения шаттлов на полностью автоматизированном складе.....	13
Разработка роботизированной системы в качестве машины-носителя инструментов для процесса дезактивации атомных электростанций.....	8	Проектирование и модальный анализ крупной развертываемой системы солнечного паруса на основе оригами-структуры FLASHER и стрелы из углепластика	14
Алгоритм локализации транспортного средства с дискриминацией полос движения на основе данных инерционных и геомагнитных датчиков для сред с отсутствием GNSS.....	8	Исследование роли пространств данных в немецком промышленном ландшафте.....	14
Эффективный подход к оптимизации использования энергии в учреждениях для престарелых с помощью GA-FIS, PSO-FIS и NGSA-II-FIS. Сравнительная оценка	8	Кластерная структура нечетких отношений эквивалентности для оценки точности обнаружения распределенных атак типа «отказ в обслуживании»	15
Анализ моделей, основанных на правилах, для прогнозирования энергопотребления в парках электрических автобусов: пример исследования с использованием телеметрических данных.....	9	Повышение надежности данных, собираемых с устройств интернета вещей, за счет обеспечения избыточности пакетов передачи данных в LPWAN.....	15

Эффективная архитектура с двойными путями обработки для слияния мультимодальных сенсорных данных.....	16	Цифровая трансформация в промышленных условиях: использование AGV и коботов, вопросы безопасности	23
Усовершенствованная автоматизация склада: использование больших языковых моделей, компьютерного зрения и конвейерных лент для регистрации продукции и обнаружения подделок.....	16	Гетерогенная роботизированная система для решения сложных задач	23
Бесшовная интеграция 3D-лидара в 2D-навигационные системы на базе ROS	17	Уязвимость смарт-устройств IoT к атакам злоумышленников при инициализации.....	24
Методы нелинейной эквализации для высокоскоростных последовательных каналов передачи данных	17	Метод сбора, анализа и применения корпоративных вариантов в рамках крупных консорциумных проектов Индустрии 4.0.....	24
ContentCreator: программирование рабочих процессов AI-агентов	18	Нечеткое H_{∞} робастное управление и стратегии с отложенным входом на основе нейронных сетей для неопределенных ветроэнергетических систем с использованием структуры нечеткого моделирования T-S.....	25
Внедорожный мобильный коллаборативный робот для здравоохранения.....	18	Метод управления маршрутом с кратчайшим временем для автономных мобильных роботов, взаимодействующих с МЕС.....	25
Моделирование энергии промышленных роботов при сохранении конфиденциальности данных	19	«Умный костюм»: новая инструментальная платформа для сбора данных о состоянии работников	26
Система «аппаратура в контуре» для мониторинга энергопотребления зданий с использованием разреженных датчиков.....	9	Когнитивная эргономика, основанная на содержании, в Индустрии 5.0.....	26
Система локализации утечек в реальном времени на основе инфракрасной термографии.....	20	Децентрализованная структура аутентификации личности для повышения безопасности на умных фабриках с использованием IOTA Tangle	26
Компьютерно-опосредованная интимность и социализация семейных отношений	20	О возможностях и ограничениях искусственного интеллекта и машинного обучения в Индустрии 4.0/5.0.....	27
Анализ мультиротатора с эксцентрической полезной нагрузкой для применения в Индустрии 4.0.....	21	Киберфизические системы для повышения точности и эффективности в 3D-печати бетоном	27
Оптимальное планирование траектории избыточных робототехнических систем	21	Определение скорости жидкости в микрофлюидных устройствах с переменной шириной канала по прямоугольным образцам с использованием SLA	28
Исследование влияния различных методов обучения на производительность и поведение человека при выполнении сборочных задач.....	22	Идентификация и коррекция периодических флуктуаций в сигнале привода двигателя электромеханических осей.....	28
Прогнозирование компонент остаточных напряжений в проволоке с использованием искусственной нейронной сети.....	22	Повышение надежности метода измерения изображений для навигации AGF	29
Использование ресурсов искусственного интеллекта, квантовых вычислений и мобильных сетей шестого поколения для развития робототехники	23	Разработка API для интеграции табличных данных в систему планирования ресурсов предприятия (ERP).....	29

ВВЕДЕНИЕ

В информационном бюллетене представлены материалы 5-й зимней конференции IFSA по автоматизации, робототехнике и связи для Индустрии 4.0/5.0 (ARCI' 2025), проведенной 19–21 февраля 2025 г. в г. Гранада, Испания, организованной Международной ассоциацией частотных датчиков (IFSA) - одной из крупнейших профессиональных, некоммерческих ассоциаций, работающих в сенсорной индустрии с 1999 г. в техническом сотрудничестве с медиа-партнерами – журналами: MDPI Processes, MDPI Automation и MDPI Machines

**РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ СО СТАНКОМ**

A. Sewohl, A. Schleinitz, C. Schöberlein, H. Schlegel, M. Dix

Институт станков и производственных процессов (IWP), Технический университет Хемница, Хемниц, Германия

Институт станков и технологий формообразования Фраунгофера, Хемниц, Германия

Благодаря технологическим достижениям в робототехнике и технологии управления промышленные роботы все чаще становятся объектом внимания для механической обработки.

Комбинация промышленного робота и станка открывает новые возможности для совместных стра-

тегий обработки. В данной публикации представлен проект такой системы, включающий подходящее решение для управления. Кроме того, рассматриваются различные области применения и потенциал системы, а также обсуждаются ограничения и возможности.

*Информационный листок № 5-02***РОБОТИЗИРОВАННЫЕ НОСИЛКИ ДЛЯ ПАЦИЕНТА СО СПИНАЛЬНОЙ
МЫШЕЧНОЙ АТРОФИЕЙ: ИСПЫТАНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ С ПОМОЩЬЮ
УСТРОЙСТВ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ С
ОГРАНИЧЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ**

Taisuke Sakaki, Kanta Aoki, Toshihiko Shimokawa, Seiya Yano, Haruka Karakawa, Yuko Kamiya, Takehiro Tashiro

Университет Кюсю Сангё, Центр исследований человеческой робототехники, Фукуока, Япония

Женский университет Фукуоки, CNP Design Co., Фукуока, Япония

Такие заболевания, как боковой амиотрофический склероз и спинальная мышечная атрофия (СМА), часто вызывают двигательные нарушения из-за прогрессирующей потери мышечной силы. Кроме того, многие пациенты со СМА вынуждены лежать горизонтально и, таким образом, не могут управлять инвалидной коляской. Целью исследования была разработка роботизированных носилок для пациента со СМА с тяжелыми двигательными нарушениями, позволяющих самостоятельно маневрировать внутри здания.

Концепция, лежащая в основе носилок, заключается в том, что пользователь может иметь возможность управлять носилками с помощью подходящего операционного устройства, наблюдая за изображением с камер, установленных на носилках. Носилки были разработаны для управления с минимальным движением с помощью устройства и ви-

деопотока с установленных камер. Авторы разработали новые устройства с алгоритмом, системой мониторинга, механической рамой и системой управления, адаптированными к ограниченным возможностям пользователя (движение только одним пальцем).

Авторы проверили функции посредством испытаний прототипа машины, управляемой целевым пользователем. Испытания проводились с машиной, расположенной на земле, чтобы имитировать среду торгового центра. Субъект смог эффективно управлять машиной, чему способствовала система мониторинга, обеспечивающая видимость положения носилок в окружающей среде. Примечательно, что даже без конкретных указаний субъект мог эффективно управлять носилками. Были внесены ключевые улучшения для повышения производительности прямолинейного движения носилок.

ВНЕДРЕНИЕ ПОСТКВАНТОВОЙ КРИПТОГРАФИИ В КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Vaghawan Prasad Ojha, Sumit Chauhan, Shanita Yarahmadhian, David Carvalho

Университет штата Миссисипи, Инженерный колледж Бэгли, Кафедра математики и статистики, Старквилл, США

Naoris Tech Inc., Уилмингтон, Делавэр, США

С появлением достижений в области квантовых вычислений и активных исследований эффективности классических криптографических алгоритмов становится очевидным, что грядущая эра квантовых вычислений окажет сильное влияние на все технологии, требующие той или иной формы связи, в первую очередь из-за безопасности зашифрованных данных. Национальный институт стандартов и технологий (NIST) недавно стандартизировал Crystal-Dilithium для цифровой подписи в 3-м раунде открытого конкурса NIST по постквантовой криптографии (PQC). Другие алгоритмы были переведены в 4-й раунд для дальнейшей оценки. 24 августа 2024 года, NIST объявил о Федеральных стан-

дартах обработки информации (FIPS) для всех федеральных служб, которые включают несколько криптосистем PQC, в том числе Crystal-Dilithium, SPHINCH+ для цифровой подписи и Crystal-Kyber для механизма инкапсуляции ключей. В том же духе было проведено много спекуляций и экспериментов по внедрению PQC в существующие системы, которые сильно зависят от классических криптографических алгоритмов. Следовательно, в этой статье представлена возможная структура внедрения (как гибридная, так и новая) криптосистемы PQC в существующие, а также новые распределенные и коммуникационные технологии, которые могут появиться.

НОВАЯ МОДИФИКАЦИЯ КЛАССИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ, УМЕНЬШАЮЩАЯ ОТКЛОНЕНИЕ СИСТЕМЫ ИЗ-ЗА СИСТЕМНЫХ НЕСООТВЕТСТВИЙ

Fangyuan Li

Университет Чжэнчжоу, Кафедра автоматизации, Чжэнчжоу, Китай

Центр исследований в области восприятия и управления роботами, Чжэнчжоу, Китай

Несоответствия в серийном производстве и процесс старения приводят к тому, что контроллер, разработанный на стадии проектирования, становится неточным на последующей стадии применения. Таким образом, надежный контроль является важной областью исследований, которая может помочь противодействовать параметрам системы. Следует отметить, что когда равновесие находится в начале координат, установившееся состояние системы не будет отклоняться от ожидаемого с разработанным контроллером. Однако установившееся состояние

неизбежно отклонится от ожидаемого установившегося состояния, если равновесие не находится в начале координат на стадии проектирования. В статье авторы показывают причину на примере контроллера обратной связи, разработанного для линейной стационарной (LTI) системы, предлагают его простую модификацию для уменьшения отклонения из-за системных несоответствий. В конце также приводится пример, показывающий, как может быть применена данная модификация контроллера.

**КВАНТОВАЯ И БЕСПЛАЗМЕННАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЛИТОГРАФИЯ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЧИПОВ**

Ryan Nadar, Vijayakumar Varadarajan
Университет Аджинкья Д.И. Патил, Пуна, Индия

Поскольку полупроводниковая промышленность расширяет границы миниатюризации, данная работа представляет обзор бесплазменной литографии на свободных электронах (ЛСЭ) в производстве чипов с акцентом на ее новые применения по сравнению с традиционными подходами литографии. В статье обсуждается более широкий спектр будущего потенциала плазменных лазеров на свободных электронах и квантовых литографических машин, которые, как ожидается, будут более эффективными, чем современные литографические машины.

В обзоре рассматриваются преимущества и проблемы ЛСЭ-литографии, оценивается производительность литографии в экстремальном ультрафиолете (EUV) компании ASML и исследуется потенциал ЛСЭ в повышении разрешения, эффективности и точности в полупроводниковых устройствах следующего поколения.

Сравнительный литературный обзор дает представление о том, как бесплазменная и квантовая литография в будущем может преодолеть некоторые ограничения обычной литографии и предлагает направления для будущих исследований.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИИ, ЗНАНИЙ И ПРИНЯТИЮ
РЕШЕНИЙ В КОНТЕКСТЕ ИНДУСТРИИ 4.0/5.0**

S. Trojahn, N. I. Coello-Machado, E. Glistau
Университет прикладных наук Анхальт, Факультет экономики, Бернбург, Германия
Центральный университет «Марта Абреу» де Лас Вильяс, Машиностроение, Санта-Клара, Куба
Магдебургский университет имени Отто фон Герике, Магдебург, Германия

В научных исследованиях письменные источники, такие как книги, журнальные статьи, материалы конференций, рефераты, постеры, а также законы и нормативные акты традиционно признавались единственно приемлемыми источниками информации.

Однако со строго логической точки зрения эти ссылки лишь представляют вчерашние академические знания. Цель данной статьи — критически поставить под сомнение эту признанную и широко распространенную научную базу ссылок и расширить ее соответствующим образом: большая часть сегодняшней информации доступна исключительно

от экспертов и практиков, через другие медиа-источники, такие как новости, подкасты, видео, через собственный сбор и получение данных, собственные эксперименты или через научные дискуссии с коллегами.

Подобно аналитикам данных, которые полагаются не только на исторические данные, но и на текущие данные о состоянии и эмпирические знания пользователей, авторы в данном реферате демонстрируют, какие знания могут и действительно должны быть собраны и научно задокументированы для научной работы, и с помощью каких методов это должно быть достигнуто.

*Информационный листок № 5-07***СОВМЕСТИМОЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМ ОБЪЕМОМ ДОКУМЕНТАЦИИ В ЦЕХЕ**

José Cosme, Anabela Ribeiro, Eurico Vasco Amorim, Vítor Filipe

Школа науки и технологий, Университет Траз-уш-Монтеш и Алту-Дору (UTAD), Вила-Реал, Португалия

Continental Advanced Antenna, Sociedade Unipessoal, Lda., Вила-Реал, Португалия

INESC Technology and Science, Порту, Португалия

Одной из основных проблем в современных промышленных условиях является управление большим объемом физической документации, получаемой в процессе производства, при этом компании все чаще стремятся внедрять безбумажные альтернативы. В цехе каждая производственная линия обычно использует формы для проверки условий параметров до и после начала производства.

Объем бумажной документации, генерируемой этими формами, создал потребность в цифровой платформе для оптимизации и оцифровки записей, делая процесс более устойчивым и эффективным.

Это новое совместимое веб-приложение предоставляет различные функции для повышения производительности, включая создание, настройку, отправку и утверждение форм. Кроме того, оно автоматически генерирует уведомления и оповещения для решения конкретных ситуаций, помогая пользователям быстрее реагировать на производственные потребности. Объединяя все процессы, связанные с управлением формами, в рамках цифровой инфраструктуры, это решение модернизирует цех, снижая зависимость от бумаги и внедряя инновационные цифровые и промышленные достижения.

*Информационный листок № 5-08***ПРОАКТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ АКТИВОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ И КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИИ, РОБОТОТЕХНИКИ И ПЕРЕДОВОГО НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДИКТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СБОЕВ**

Eyad A. Buhulaiga, Rana Saleh Al-Ghazi, Hisham S. Alghamdi, Abeer A. Alqahtani

Саудовская электроэнергетическая компания (SEC), Эр-Рияд, Саудовская Аравия

Энергетический и коммунальный секторы в значительной степени зависят от поддержания надежности инфраструктуры и эксплуатационной безопасности.

Данное исследование изучает передовую стратегию цифровой трансформации, разработанную Саудовской электроэнергетической компанией (SEC), для улучшения мониторинга состояния активов и предиктивного обслуживания с использованием искусственного интеллекта (ИИ), робототехники и технологий наблюдения. Этот подход включает пи-

лотные внедрения видеонаблюдения и роботизированного мониторинга топливных баков для обнаружения утечек, а также дронов и компьютерного зрения с улучшенным ИИ для инспекции линий электропередач. Эти пилотные технологии оцениваются на предмет их способности обнаруживать потенциальные проблемы в режиме реального времени, при этом первоначальные результаты показывают многообещающие улучшения в реагировании на обслуживание, безопасности и соблюдении экологических норм.

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ В КАЧЕСТВЕ МАШИНЫ-НОСИТЕЛЯ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ДЕЗАКТИВАЦИИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

S. Kazemi and S. Gentes

Карлсруэский технологический институт, Карлсруэ, Германия

В рамках проекта ROBDEKON Карлсруэский технологический институт разрабатывает роботизированную систему, предназначенную для позиционирования двух инструментов для дезактивации и измерения чистоты бетонных стен на атомных электростанциях.

Для достижения этой цели подъемная платформа Manitou 100-VJR была дооснащена необходимыми электронными компонентами, включая контроллеры, датчики, приводы, модули связи и системы безопасности, что превратило ее в роботизи-

рованную систему под названием DekontBot. Разработанная система поддерживает работу как в режиме телеуправления, так и в (полу)автономном режиме. Кроме того, для DekontBot был разработан графический пользовательский интерфейс (GUI), позволяющий пользователям визуализировать его операции через RViz2 на платформе ROS2 и управлять системой интуитивно понятным и удобным для пользователя способом. В данной статье подробно описан процесс разработки и этапы реализации DekontBot.

АЛГОРИТМ ЛОКАЛИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С ДИСКРИМИНАЦИЕЙ ПОЛОС ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ИНЕРЦИОННЫХ И ГЕОМАГНИТНЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ СРЕД С ОТСУТСТВИЕМ GNSS

Takayoshi Yokota

Токийский профессиональный университет информационного дизайна, Токио, Япония

В данной работе показан метод оценки положения движущегося транспортного средства с использованием данных MEMS-датчиков, включая акселерометр, гироскоп и геомагнитные датчики. Этот алгоритм был протестирован на нескольких фиксированных маршрутах, показав хорошие результаты с погрешностью позиционирования менее 1 метра. Однако остаются вопросы относительно того, может ли алгоритм различать полосы движения и применим ли он к другим водителям и транспортным

средствам, отличным от тех, что использовались для получения эталонных данных.

В данной статье представлены результаты оценки алгоритма, проведенной на двухполосной дороге, демонстрирующие его способность различать полосы движения. Кроме того, подтверждается, что алгоритм может точно оценивать положение транспортного средства даже при тестировании с различными транспортными средствами и водителями.

ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ДЛЯ ПРЕСТАРЕЛЫХ С ПОМОЩЬЮ GA-FIS, PSO-FIS И NGSA-II-FIS. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА

Anita XHEMALI, Elma ZANAJ, Gledis BASHA, Lorena BALLIU

Тиранский политехнический университет, Факультет электротехники, Факультет информационных технологий, Тирана, Албания

Данное исследование направлено на оценку практической трех прогностических моделей: генетического алгоритма - нечеткой логической системы (GA-FIS), оптимизации роем частиц - нечеткой логической системы (PSO-FIS) и алгоритма

многокритериальной оптимизации — системы нечеткого вывода (NSGA-II-FIS) для прогнозирования экономии энергии в учреждениях для престарелых. Каждая модель сочетает в себе метод оптимизации с нечеткой логической системой для повыше-

ния точности прогнозирования и операционной эффективности. Сравнивая эти модели, авторы работы стремились определить наиболее эффективный подход к оптимизации использования энергии в условиях ассистированного проживания. Модели были протестированы с использованием симулятора, обученного на генеративных случайных наборах данных, полученных от сенсорной системы с

поддержкой IoT. Результаты показывают, что NSGA-II-FIS достигает наилучшего баланса между экономией энергии и предпочтениями пользователей, за ним следуют PSO-FIS и GA-FIS.

Все модели были применены к общей нечеткой логической системе и использовали одни и те же входные данные для обеспечения согласованности в оценках.

Информационный листок № 5-12

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА ПРАВИЛАХ, ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ПАРКАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АВТОБУСОВ: ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ

L. Adam, R. Pellerin, B. Agard

Политехническая школа Монреаля, Кафедра математической и промышленной инженерии, LID - Лаборатория интеллектуальных данных, Монреаль, Канада

CIRRELT – Межуниверситетский исследовательский центр по корпоративным сетям, логистике и транспорту, Монреаль, Канада

Научно-исследовательская кафедра управления международными проектами имени Джарислоуски/АткинсРеалис, Монреаль, Канада

Для продвижения более устойчивых методов транспортировки электромобили становятся ключевыми игроками в энергетическом переходе. Некоторые крупные транспортные компании стремятся создать полностью электрические парки, что вызывает значительные изменения в практике оперативного управления. Хотя электромобили предлагают значительные преимущества по сравнению с дизельными моделями в плане обслуживания, они все еще сталкиваются с заметными ограничениями из-за ограничений по запасу хода. Для оптимизации назначения транспортных средств для различных

маршрутов крайне важно разработать модели прогнозирования энергопотребления, которые тесно соответствуют фактическим эксплуатационным условиям. В данной статье освещаются производительность и ограничения прогнозирования энергопотребления на основе правил. Предлагается гибридная модель для значительного снижения ошибки прогнозирования и стандартного отклонения. Модель была протестирована с использованием телеметрических данных электробусов крупной транспортной организации в Канаде.

Информационный листок № 5-13

ОБНАРУЖЕНИЕ АТАК GPS-СПУФИНГА НА АВТОНОМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО DBSCAN

A. Mohammadi, V. Hemmati, R. Ahmari, F. Owusu-Ambrose, M.N. Mahmoud, A. Homaifar

Университет штата Северная Каролина A&T, Институт ACIT, Гринсборо, Северная Каролина, США

Поскольку автономные транспортные средства (АТС) становятся неотъемлемой частью гражданских перевозок, они все чаще сталкиваются с такими угрозами, как атаки GPS-спуфинга. Представлен инновационный подход к обнаружению таких атак, использующий модифицированный алгоритм DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise), адаптированный для динамического обновления порога обнаружения. Порог перекалибровывается в реальном времени с исполь-

зованием рекурсивного среднего значения и стандартного отклонения ошибок смещения между GPS-данными и данными внутритранспортных датчиков. Кроме того, начальный порог обнаружения, предварительно установленный с использованием 120000 чистых образцов данных, позволяет обнаруживать тонкие и скрытые атаки GPS-спуфинга с начальной фазы. Наборы данных из реального мира, имитирующие как крупномасштабные, так и мелкомасштабные множественные смещенные

атаки, были сгенерированы с использованием данных из набора данных Honda Research Institute Driving Dataset для проверки эффективности этого метода. Модифицированный алгоритм успешно обнаруживает пошаговые, остановочные, перегру-

рующие и множественные смещенные спуфинг-атаки с точностью 100 %, 99,95 %, 99,91 % и 99,37 % соответственно. Эта работа значительно способствует повышению безопасности и защищенности АТС.

Информационный листок № 5-14

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ГОРОДСКОЙ ВОЗДУШНОЙ МОБИЛЬНОСТИ К АТАКАМ ТИПА «ТРОЯН»

R. Ahmari, V. Hemmati, A. Mohammadi, M. Mynuddin, P. Kebria, M. N. Mahmoud and A. Homaifar
Университет штата Северная Каролина A&T, Институт ACIT, Гринсборо, США

Данное исследование рассматривает уязвимости в системах автономной навигации и посадки транспортных средств городской воздушной мобильности (UAM), уделяя особое внимание атакам типа «троян», нацеленным на модели глубокого обучения. Эти атаки внедряют скрытые триггеры в сверточные нейронные сети (CNN), приводя к специфическим сбоям при определенных условиях, при этом сохраняя нормальную производительность в

остальное время. Используя фреймворк DroNet, авторы данной работы оценили уязвимость городских автономных летательных аппаратов (UAAV), обнаружив падение точности с 96,4% на чистых данных до 73,3% на данных с триггерами. С помощью систематического подхода, включающего сбор пользовательских наборов данных и обучение моделей, авторы разработали систему оценки, которая выявляет модели, зараженные «троянами».

Информационный листок № 5-15

НАБОР ДАННЫХ OPTMICRO: ОТКРЫТЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ ДАННЫЕ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ МИКРОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

M. Laghbani, D. Iliev, K. Schwalbe, R. Konradt, S. Schmidt 1
Мерзебургский университет прикладных наук, Факультет инженерии и естественных наук, Мерзебург, Германия
FusionSystems GmbH, Хемниц, Германия
Институт инженерии продуктов и систем, Университет Отто фон Герике Магдебург, Магдебург, Германия

В этой статье представлен набор данных OPTmicro — первый мультимодальный набор данных с открытым исходным кодом для автономных микротранспортных средств. Этот набор данных содержит синхронизированные последовательно-вручную анонимизированных изображений и вручную аннотированных изображений и облаков точек LiDAR. Уникальность этого набора данных заключается в том, что данные были записаны с точки зрения автономного микротранспортного средства, которое имело доступ к ранее незарегистрированным городским районам, таким как велосипедные дорожки и пешеходные зоны. Одно из возможных применений набора данных — обуче-

ние глубоких нейронных сетей для задач автономного вождения.

Аннотированные объекты в каждой последовательности имеют идентификатор объекта, что делает этот набор данных также подходящим для приложений отслеживания объектов, таких как отслеживание пешеходов.

Набор данных OPTmicro разнообразен, охватывает различные маршруты пяти разных городов Германии в различных погодных условиях в течение всех четырех сезонов. Набор данных OPTmicro будет доступен на платформе Mobilithek: <https://mobilithek.info/> и его можно получить, отправив прямой запрос авторам.

ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИКИ В ЛЫЖНОМ СПОРТЕ

R. G. Boboc

Трансильванский университет Брашова, Кафедра автомобильной и транспортной инженерии, Брашов, Румыния

В данной статье представлен обзор существующих исследований по применению робототехники в спорте с особым акцентом на лыжный спорт. Была использована методология систематического обзора, включающая обширный поиск соответствующих материалов конференций и журнальных статей с использованием заранее определенного набора ключевых слов. Поиск проводился в базах данных Scopus, Web of Science и IEEE. Из первоначального набора потенциальных работ было выбрано более

сфокусированное подмножество исследований на основе конкретных критериев, непосредственно связанных с темой исследования. Затем был проведен детальный анализ выбранных работ, охватывающий различные аспекты исследования. Первоначальный поиск выявил 248 работ, из которых 24 публикации были признаны наиболее релевантными для углубленного изучения. Актуальность темы и ее сложность подчеркивают необходимость дальнейших исследований по данному вопросу.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ ДАННЫХ С КАМЕРЫ И РАДАРА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО РОБОТА

Najia AIT HAMMOU, Hajar MOUSANNIF, Brahim LAKSSIR, Abdellah EL-AISSAOUI

Университет Кади Айяда, факультет компьютерных наук. Факультет естественных наук Семлалия, Марракеш, Марокко

Фонд MAScIR UM6P, Департамент цифровизации и микроэлектроники интеллектуальных устройств, Бенгерир, Марокко

Лаборатория сельскохозяйственной техники и энергетики, Сеттат, Марокко

Автоматизация — это процесс использования современных технологий для выполнения определенных действий с меньшим участием человека. В сельскохозяйственном секторе автоматизация описывается как интеграция машин и электронного оборудования для улучшения анализа и принятия решений. Промышленный сдвиг привел к использованию технологии Интернета вещей (IoT), которая позволяет подключать электрические устройства и датчики через сеть. Хотя сельскохозяйственный сектор все еще нуждается в автоматизации, учитывая сложность выполнения задач по химической и механической прополке, использование роботов было продвинуто для облегчения нагрузки на сель-

скохозяйственные операции и повышения производительности с большей гибкостью. Это исследование направлено на проверку возможности повышения эффективности обработки изображений с использованием объединения данных датчиков с камеры и радара. Эта работа начинается с краткого обзора, показывающего важность робототехники в сельском хозяйстве. После этого представлен технический функциональный анализ системы робота, чтобы дать подробную информацию о рабочем процессе робота и показать некоторые предварительные тесты, сфокусированные на моделировании датчиков системы наведения в лабораторных условиях.

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО МОДУЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КЛАПАНА В ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ТМК

Quan HUAN, Dong HAN, Yakun ZHANG, Guofang GONG, Huayong YANG

Государственная ключевая лаборатория гидропривода и мехатронных систем, Чжэцзянский университет, Ханчжоу, Китай

В сложных рабочих условиях, характеризующихся повышенными температурами, высокой влажностью, значительными вибрациями и выраженными электромагнитными помехами, производительность обычных универсальных гидравлических контроллеров пропорциональных клапанов значительно снижается, что приводит к падению точности управления, подрывающему эксплуатационные требования электрогидравлических систем ТМК.

В данной статье представлены проектирование и разработка специализированного модуля управления пропорциональным клапаном, адаптирован-

ного для ТМК, с использованием аппаратной архитектуры ARM+FPGA и его бесшовной интеграцией в систему программируемого логического контроллера. Библиотека электрогидравлических характеристических кривых для ключевых типов пропорциональных клапанов в электрогидравлических системах ТМК построена на основе компенсации тока. В конечном итоге, разработанный здесь специализированный модуль управления пропорциональным клапаном используется для оценки и подтверждения эффективности управления тремя критическими типами пропорциональных клапанов в электрогидравлических системах ТМК.

ЦИФРОВОЙ КОНВЕЙЕР, СВЯЗЫВАЮЩИЙ ДАННЫЕ О МАТЕРИАЛАХ, ИНЖЕНЕРИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

M. Morandeira, F. Gilardi, A. Abadía, D. Fernández, L. Alonso

Технологический центр AIMEN, Умные системы и умное производство, О Порриньо, Испания
MX3D, Амстердам, Нидерланды

Европейское производство требует перехода к адаптируемому, высококачественному производству, использующему умное производство и цифровые технологии для сохранения конкурентоспособности в условиях растущего разнообразия продукции и сокращения жизненных циклов. Умное производство и массовая кастомизация, поддерживаемые цифровыми конвейерами, симуляционными двойниками и интеллектуальными системами, основанными на данных, могут удовлетворить эти потребности, но малые и средние предприятия по-

прежнему сталкиваются с такими барьерами, как зависимость от физических прототипов, затраты на модульное производство и проблемы управления данными. В данной статье представлено развитие интегрированного и совместимого инструмента цифрового конвейера, способного агрегировать и организовывать данные из инструментов разработки продукта и междисциплинарного моделирования, свойств материалов и характеристик материалов, а также производства и обеспечения качества продукции.

АНАЛИЗ ДАННЫХ ДАТЧИКОВ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОДИНАМИЧНЫМ ЛИНЕЙНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

L. Zihlmann and J. P. Keller

FHNW Университет прикладных наук и искусств Северо-Западной Швейцарии, Институт автоматизации, Виндиш, Швейцария

В современных приложениях автоматизации изображения содержат много информации, которая может значительно улучшить различные приложения управления, такие как контроль качества и мониторинг процессов. Однако извлечение релевантной информации из изображений нетривиально и часто требует экспертных знаний.

Данное исследование предлагает метод использования сверточных нейронных сетей (CNN) для автоматического извлечения релевантной для управления информации из изображений для использования в процессах автоматизации. Из-за высокой динамики линейных двигателей требования к управлению в реальном времени высоки, что требует коротких циклов и точных измерений. Недорогое, маломощное периферийное устройство MAX78000 со

встроенной функцией CNN используется для извлечения данных о расстоянии, которые преобразуются в положение исполнительного механизма для системы управления.

Наблюдатель состояния используется для оценки положения и скорости, которые затем подаются на контроллер PDT1. Этот контроллер регулирует ток двигателя для обеспечения точного отслеживания заданной уставки.

Предложенный метод обеспечивает управление положением в реальном времени с высокой точностью, обеспечивая стабильную работу даже в сложных динамических условиях. Это демонстрирует осуществимость управления на основе CNN на энергоэффективном оборудовании для промышленных приложений автоматизации.

МУЛЬТИАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ШАТТЛОВ НА ПОЛНОСТЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ СКЛАДЕ

К.Панкратов, Х.Крючков, А.Самохвалов, Ш.Гаджимирзаев, Р.Пашков, Д.Ражков, А.Хельвас

Высшая школа экономики, Факультет компьютерных наук, Покровский б-р, 11, Москва, Российская Федерация

Московский физико-технический институт, Институтский пер., 9, 141700, Долгопрудный, Российская Федерация

В статье представлены модели инновационного полностью роботизированного склада для хранения товаров в коробках. Реализовано дискретное мультиагентное моделирование движения шаттлов на складе для заданной последовательности отгрузки паллет. Оцениваются различные стратегии разме-

щения коробок в разных зонах склада, а также оптимальные маршруты движения шаттлов для заданной топологии склада.

Также оценивается оптимальное количество шаттлов, которое максимизирует производительность склада.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КРУПНОЙ РАЗВЕРТЫВАЕМОЙ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ПАРУСА НА ОСНОВЕ ОРИГАМИ-СТРУКТУРЫ FLASHER И СТРЕЛЫ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА

Zijie Chen, Wenyao Zhang, Hongyi Xie, Fuqiang Duan, Hongwei Guo, Penghao Chen, Franco Bernelli-Zazzera
Миланский политехнический университет, Милан, Италия
Харбинский технологический институт, Харбин, Китай
Национальный университет оборонных технологий, Чанша, Китай
Университет Цзяннань, Уси, Китай

В данной статье представлен новый тип конструкции космического аппарата с солнечным парусом. Эта конструкция позволяет надежно разворачивать сверхбольшие солнечные паруса и обеспечивать достаточное натяжение для формирования стабильной натяжной конструкции.

Космический аппарат включает в себя солнечный парус с устройствами контроля отражательной способности (RCD) для точного управления орбитой и ориентацией, мощный суперкомпьютер для крупномасштабного автономного анализа и мощную вращающуюся лазерную систему связи для надежной передачи сигнала на спутник-ретрансля-

тор на геостационарной орбите (ГСО). Конструкция солнечного паруса включает в себя мембранную структуру на основе оригами и разворачиваемую стрелу из УРП (углепластика). Складная мембранная структура представляет собой структуру на основе оригами Flasher, которая может легко разворачиваться и складываться на большой площади. Были проанализированы режим разворачивания и степень свободы оригами-паттерна. Кроме того, метод конечных элементов был использован для анализа режимов структуры солнечного паруса и расчета частоты и режима вибрации для обеспечения надежности конструктивного проекта.

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ ПРОСТРАНСТВ ДАННЫХ В НЕМЕЦКОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ЛАНДШАФТЕ

A. I. Barnard and C. Xin

Отдел ИКТ и автоматизации, ifak - Институт автоматизации и коммуникации e.V., Магдебург, Германия

Появление Индустрии 4.0 и развивающаяся парадигма Индустрии 5.0 подчеркивают интеграцию передовых цифровых технологий в производственные процессы.

Центральное место в этой трансформации занимает концепция пространств данных и экосистем, которые должны обеспечивать безопасный, суверенный и совместимый обмен данными между организациями. В этой статье исследуется роль про-

странств данных в немецком промышленном ландшафте, рассматривая три значимые инициативы. Eclipse Dataspace Connector в рамках Catena-X и Manufacturing-X, основанное на блокчейне пространство данных Pontus-X и «Пространство данных AAS для всех». Эти инициативы анализируются в контексте Gaia-X, стратегической основы, направленной на стандартизацию инфраструктур обмена данными в различных отраслях Европы.

КЛАСТЕРНАЯ СТРУКТУРА НЕЧЕТКИХ ОТНОШЕНИЙ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ АТАК ТИПА «ОТКАЗ В ОБСЛУЖИВАНИИ»

F. Owusu-Ambrose, A.R. Nuhu, B. Lartey, A. Mohammadi and A. Homaifar

Университет штата Северная Каролина A&T, 1601 East Market Street, Гринсборо, Северная Каролина, США

В данном исследовании представлена кластерная структура нечетких отношений эквивалентности, разработанная для оценки точности моделей обнаружения аномалий в кибертрафике, в частности, для распределенных атак типа «отказ в обслуживании» (DDoS). Поскольку кибервозможности все чаще внедряются в инфраструктурные системы, надежные меры безопасности становятся крайне важными. Модели, основанные на данных, значительно улучшили обнаружение DDoS-атак, преодолевая традиционные методы. Однако существующие подходы не имеют структуры для оценки пиковой производительности модели до обучения. Этот пробел подчеркивает необходимость в подходах, которые оценивают лучшую производитель-

ность для более надежной защиты от DDoS-атак. Учитывая набор данных с доброкачественными и DDoS-образцами, структура генерирует матрицы сходства, итеративно уточняя их до нечетких эквивалентных и четких отношений для оценки точности. Предлагается скорректированная точность, которая измеряет меж- и внутрикластерные различия путем корректировки α -срезов. На наборе данных CIC-DDoS2019 экспериментальные результаты показывают, что при скорректированной точности 67,24% ожидается пиковая точность 89,57%, что балансирует частоту ложных срабатываний. Эта структура устраняет пробелы в проверке производительности моделей обнаружения DDoS-атак, предоставляя инструмент для оценки точности.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ДАННЫХ, СОБИРАЕМЫХ С УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ, ЗА СЧЕТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИЗБЫТОЧНОСТИ ПАКЕТОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В LPWAN

So-Yeon Lee, Dae-Young Kim

Кафедра конвергенции программного обеспечения, Университет Сунчонхян, Асан, Республика Корея
Кафедра разработки компьютерного программного обеспечения, Университет Сунчонхян, Асан, Республика Корея

В последнее время промышленные услуги Интернета вещей развиваются в интеллектуальные услуги, основанные на данных. Архитектура системы полностью сетевая. Чтобы получить представление из собранных данных, каждое устройство передает свои измерения на подключенный сервер. Для обучения ИИ на подключенном сервере должно быть надежно доставлено достаточное количество данных. Таким образом, при сборе данных очень важна связь. В частности, поскольку LPWAN — это низкоскоростная, узкополосная технология

беспроводной связи, часто используемая службами Интернета вещей, следует рассмотреть метод повышения надежности передачи данных. Обычно, когда беспроводная сеть теряет данные во время передачи, она пытается повторно передать их. Однако в узкополосной связи более частые попытки повторной передачи могут вызвать длительные задержки передачи. Поэтому в этой работе предлагается увеличить успешность передачи за счет обеспечения избыточности пакетов передачи данных вместо повторных передач в зависимости от условий сети.

ЭФФЕКТИВНАЯ АРХИТЕКТУРА С ДВОЙНЫМИ ПУТЯМИ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СЛИЯНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ СЕНСОРНЫХ ДАННЫХ

U. Fatima, Z. Khan, J. Pyo, S. Kim, M. Jeon

Научно-технологический институт Кванджу (GIST), EECs, Кванджу, Южная Корея

Научно-технологический институт Кванджу (GIST), Корейский институт культурных технологий (KCTI), Кванджу, Южная Корея

Интеграция детальной текстурной информации из видимых изображений с температурно-чувствительными данными из инфракрасного диапазона позволяет повысить точность в таких приложениях, как видеонаблюдение и мониторинг окружающей среды. Чтобы в полной мере использовать преимущества, необходимо разработать эффективные вычислительные стратегии, способные обрабатывать сложную динамику интеграции мультимодальных данных. Поэтому в данной работе представлена легковесная сетевая архитектура, разработанная для эффективного слияния инфракрасных и видимых изображений.

Архитектура состоит из двух основных модулей: модуля преобразования признаков (FTM) и модуля ресинтеза изображений (IRM). Предложенный подход использует блоки увеличения детализации (DAB) наряду с двухпутевой обработкой, которая включает механизмы внимания как к каналам, так и к пространству для повышения эффективности слияния. Производительность модели оценивается количественно и качественно на двух различных наборах данных, M3FD и MSRS, и она продемонстрировала превосходные результаты по всем метрикам оценки, используя всего 58,2 GFLOPS.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ СКЛАДА: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ, КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ И КОНВЕЙЕРНЫХ ЛЕНТ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ПРОДУКЦИИ И ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДДЕЛОК

V.E.S. Monteiro, A.F.S. Caraíba, C.D. Werlang, A.R. Cukla, D.F.T. Gamarra, L. Strapazzon, S. Bevilacqua, C.R.A. Filho, A.N. Santos, R.C. Izquierdo

Федеральный университет Гояса, EMC / INF / FCT, Гояния-ГО, Бразилия

Федеральный университет Санта-Марии, DPPE, Санта-Мария-РС, Бразилия

Федеральный университет Риу-Гранди-ду-Сул, DMES, Порту-Алегри-РС, Бразилия

Традиционное управление складом, основанное на ручных и бумажных процессах, не соответствует современным требованиям скорости и точности. В данной статье представлена комплексная система, использующая искусственный интеллект, компьютерное зрение и автоматизацию для оптимизации регистрации продукции и обнаружения поддельных банкнот. Система использует оптическое распознавание символов (OCR) для извлечения текста из изображений, сканирование штрих-кодов для получения подробной информации о продукте, а также выполняет извлечение цен и получение кода

NCM (общая номенклатура МЕРКОСУР). Большие языковые модели (GPT-4o mini) используются для извлечения информации и обобщения данных. Кроме того, они используют сверточные нейронные сети (CNN), в частности YOLOv8, для аутентификации продуктов и обнаружения поддельных предметов. Система извлечения информации показала хорошие результаты, точно идентифицируя и извлекая атрибуты из разнообразного набора продуктов. Модуль обнаружения подделок, протестированный на банкнотах, достиг 99,47% точности с моделью YOLOv8, превзойдя модель VGG-16.

БЕСШОВНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ 3D-ЛИДАРА В 2D-НАВИГАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ROS

Jonghyun Park, Yongmin Ju, Wonil Choi, Hong Kook Kim, Moongu Jeon

Школа электротехники и компьютерных наук, Кванджуский институт науки и технологий, Кванджу, Республика Корея

Корейский институт культурных технологий, Кванджуский институт науки и технологий, Кванджу, Республика Корея

В данном исследовании рассматривается интеграция 3D-лидара в мобильных роботов на базе ROS, которые традиционно используют 2D-лидар, с акцентом на сохранение совместимости с существующими навигационными пакетами, такими как ROS Navigation Stack. Заменяв 2D-лидар доступным 3D-лидаром Unitree L1 стоимостью \$249, это исследование достигает улучшенного обнаружения препятствий и дополнительных функций, таких как обнаружение объектов, при минимальных изменениях в существующих алгоритмах. Предлагаемый метод включает гене-

рацию 2D-карты из данных 3D-облака точек и использование ее для навигации, обеспечивая бесшовную адаптацию к 3D-лидару без изменения стека 2D-навигации ROS. Эффективность системы была подтверждена реальными испытаниями в детской библиотеке, где она успешно направляла детей к местонахождению книг. Это исследование подчеркивает как осуществимость, так и проблемы интеграции 3D-лидара, включая повышенный шум, и предлагает потенциальные улучшения с помощью методов слияния датчиков, таких как фильтрация Калмана.

МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ЭКВАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Paul Miqueu, Fabrice Belvèze, Jean-Marc Brossier, Laurent Ros

Университет Гренобль-Альпы, CNRS, Гренобль-ИНП, Gipsa-lab, Гренобль, Франция

STMicroelectronics, Гренобль, Франция

Учитывая высокоскоростные последовательные каналы и сильную частотную избирательность используемого канала, для восстановления переданных символов необходима эквализация на приемнике.

Поскольку известно, что оценка последовательности с максимальным правдоподобием (MLSE) является оптимальным приемником, ее используют с помощью алгоритма Витерби в сочетании с процессом укорочения канала для снижения общей сложности.

Для предварительной обработки в трех различных подходах рассматриваются как поперечные фильтры, так и эквалайзеры с обратной связью по решению (DFE). Первые две схемы, названные фильтр Фальконера-MLSE и DFE-MLSE, предварительно обрабатывают сигнал перед алгоритмом Витерби, в то время как третья, названная MLDFE, объединяет DFE и MLSE в совместном процессе.

Представлены результаты моделирования производительности в контексте последовательного канала и сложности рассматриваемых алгоритмов.

CONTENTCREATOR: ПРОГРАММИРОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ AI-АГЕНТОВ

S. Vella, F. Hussain, S. Sharieh and A. Ferworn

Торонтский столичный университет, Торонто, Канада

Агенты ИИ все чаще используются для автоматизации рутинной офисной работы, такой как обобщение и понимание документов. В данном исследовании представлен новый предметно-ориентированный язык программирования ContentCreator (CC) для создания персон и выполнения рабочих процессов. В данной работе показано, как LLM (большие языковые модели) могут переводить процедуры на естественном языке в язык CC. Был создан интерпретатор для выполнения программ на языке CC. Начальное программирование компьютеров начиналось с отдельных вызовов инструкций на

языке ассемблера. Аналогичным образом, современные приложения LLM строятся с помощью множества отдельных вызовов к LLM. CC предоставляет абстракцию для создания приложений, автоматизирующих рабочие процессы создания контента, с легко создаваемыми персонами агентов и легко кодируемой передачей документов между агентами.

Предметно-ориентированные языки, такие как ContentCreator, могут сделать программирование AI-агентов доступным для любого, независимо от знаний в области программирования.

ВНЕДОРОЖНЫЙ МОБИЛЬНЫЙ КОЛЛАБОРАТИВНЫЙ РОБОТ ДЛЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

N. Valchkova, R.Z. Zahariev

Болгарская академия наук, Институт робототехники, София, Болгария

В данной работе представлен мобильный коллаборативный робот Roby 1 с повышенной проходимостью, предназначенный для использования в сферах безопасности и здравоохранения.

Показаны некоторые аспекты интеллектуального процесса принятия решений как части управления, основанного на информации от сложной сенсорной системы. Благодаря специфическому ходовому механизму реализованного робота, который представляет собой гусеничный робот треугольной формы, достигается высокая проходимость с возможностью преодолевать препятствия и переме-

щаться по лестницам. Возможно перемещение опасных предметов или багажа в безопасное место с последующей утилизацией.

С использованием специальной тепловой камеры также возможно тушение пожаров. Управление роботом основано на операционной системе роботов (ROS) с использованием оригинального графического пользовательского интерфейса. Робот является примером применения принципов модульности и управления в неупорядоченной среде с использованием элементов искусственного интеллекта.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ ПРИ СОХРАНЕНИИ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ ДАННЫХ

P. Steurer, A. Skuta, S. Hegenbart, R. Hoch, T. Loruenser

Цифровая фабрика Форарльберг, Дорнбирн, Австрия

Австрийский институт технологий АИТ, Вена, Австрия

Университет прикладных наук Форарльберг FHV, Дорнбирн, Австрия

В данном исследовании представлена основа для прогнозирования энергопотребления промышленных роботов, основанная на данных и сохраняющая конфиденциальность. Сравниваются различные подходы к моделированию на основе машинного обучения и показывается, что может быть достигнута высокая точность.

Также для защиты конфиденциальных данных в совместных рабочих процессах к обученным моделям применяются методы машинного обучения,

сохраняющие конфиденциальность (ppML), и основанные на многосторонних вычислениях (MPC). Этот подход обеспечивает точное моделирование энергии при сохранении конфиденциальности данных, что критически важно в промышленных условиях, где защита интеллектуальной собственности имеет первостепенное значение, тем самым способствуя безопасной и эффективной оптимизации энергии в совместных рабочих процессах.

СИСТЕМА «АППАРАТУРА В КОНТУРЕ» ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗРЕЖЕННЫХ ДАТЧИКОВ

Daniel Jakob, Konstantin Wrede, Florian Weiss, Jan Bräunig

Институт интегральных схем Фраунгофера, Дрезден, Германия

Bosch Thermotechnik GmbH, Вернау, Германия

Потребности Германии в отоплении жилых помещений вносят значительный вклад в национальное энергопотребление и выбросы CO₂, что подчеркивает необходимость более эффективного управления энергопотреблением зданий.

Несмотря на интеграцию подключенных к Интернету систем управления в современные системы отопления, проблемы эффективности часто остаются незамеченными, поскольку существующие системы в основном реагируют реактивно, а не проактивно. Устраняя этот пробел, авторы данной работы представили систему «аппаратура в контуре» (NIL), которая эмулирует виртуальную среду здания для мониторинга и диагностики в реальном времени, стремясь повысить эффективность за счет

предиктивного обнаружения аномалий и снижения зависимости от датчиков.

Данная установка включает гибридную систему отопления, состоящую из теплового насоса «воздух-вода», газового котла и нескольких накопительных баков для имитации реалистичных тепловых потоков в зданиях. Эта лабораторная конфигурация наряду с комплексной системой сбора данных и климатической камерой позволяет эмулировать различные рабочие условия. Предварительные результаты моделирования неисправностей в системе демонстрируют обнаружение и анализ изменений в динамике работы, демонстрируя ее потенциал для улучшения управления энергопотреблением в жилом отоплении.

СИСТЕМА ЛОКАЛИЗАЦИИ УТЕЧЕК В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ

A. Semitela, J. Silva, A.F. Girão N. Lau, J.P. Santos, A. Completo

ТЕМА – Центр механических технологий и автоматизации, Департамент машиностроения, Университет Авейру, Авейру, Португалия

LASI – Ассоциированная лаборатория интеллектуальных систем, Португалия

ЕЕТА – Институт электроники и информатики Авейру, Департамент электроники, Телекоммуникаций и информатики, Университет Авейру, Авейру, Португалия

Следующее поколение испытаний на герметичность в конце производственной линии должно включать мониторинг потенциальных мест утечек в реальном времени, что гарантирует эффективное обнаружение и ремонт поврежденного оборудования. В этой работе инфракрасная термография была объединена с алгоритмом на основе машинного зрения, чтобы обеспечить автоматическую локализацию утечек в гидравлическом контуре. Система была протестирована в нескольких сценариях утечки воздуха, адаптируя скорости утечки в соот-

ветствии с контролируемыми отверстиями. Инфракрасная камера обеспечила интуитивную визуализацию утечек воздуха, независимо от протестированных отверстий утечки. Кроме того, алгоритм смог автоматически локализовать утечки во всех протестированных сценариях, при этом время обнаружения зависело от отверстия утечки. В целом, эти результаты подтверждают хорошую производительность этой системы локализации, демонстрируя ее потенциал для внедрения в промышленных условиях.

КОМПЬЮТЕРНО-ОПОСРЕДОВАННАЯ ИНТИМНОСТЬ И СОЦИАЛИЗАЦИЯ СЕМЕЙНЫХ ОТНОШЕНИЙ

H. Yamaguchi

Университет Комадзава, Факультет глобальных медиаисследований, Токио, Япония

Быстрые технологические и социальные изменения последних лет трансформировали «интимные отношения» людей, и такая трансформация ускорила «социализацию» семейных связей.

Данное исследование расширяет концепцию компьютерно-опосредованной интимности (КОИ) и помещает интимные отношения с роботами/ИИ в контекст компьютерно-опосредованной коммуникации. Нет существенной разницы между отношениями, включающими сексуальный контакт с роботами, и интимными отношениями без сексуального контакта, такими как исключительно онлайн-связи или любовь к персонажам.

Ни одно из них по сути не отличается от интимных отношений между людьми в реальном мире, все они являются вариациями интимных отношений, построенных человеко-компьютерными синтетическими личностями. Позволяя множественные идентичности и интимные отношения, КОИ расширяет альтернативы для людей и снижает риски, связанные с построением интимности. Распространение КОИ способствовало трансформации семейных отношений, таких как брак и интимность между людьми. Такая трансформация, иными словами, «социализация» семейных отношений, стала частью распространения «слабых связей», вызванного развитием Интернета.

АНАЛИЗ МУЛЬТИРОТОРА С ЭКСЦЕНТРИЧЕСКОЙ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКОЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ИНДУСТРИИ 4.0

Sathish V., A. Srivatsa, Janardhan Vistapalli

Университет Махиндра, Бахадурпалли, Джидиметла, Хайдарабад, Телангана, Индия

В данной статье представлен анализ мультиротора с эксцентрической полезной нагрузкой, то есть полезной нагрузкой, центр масс которой не совпадает с центром масс мультиротора. Такие системы находят широкое применение в инспекции инфраструктуры, обороне и сельском хозяйстве, автоматизации производства и киберфизических системах и т.д. Эти системы создают трудности с точки зрения динамического баланса, производительности приводов и управления. В данной работе предложена общая конфигурация полезной нагрузки для проведения анализа поведения мультиротора при движении полезной нагрузки в 1D, 2D. Для моделирования динамики

системы используется подход, основанный на ограничениях. Сформулированы соответствующие ограничения для стабилизации системы при движении полезной нагрузки. В MATLAB (высокоуровневый язык программирования) сгенерирован алгоритм для моделирования поведения системы с эксцентрической полезной нагрузкой. Изучено поведение приводов с точки зрения изменения скорости и крутящего момента, а также найдены границы эксцентрической полезной нагрузки для заданного размера мультиротора. Этот анализ помогает заложить основу для более надежных конфигураций мультироторов в сложных условиях.

ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ИЗБЫТОЧНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Y. Halevi, M. Weiss Cohen

Технион-И.И.Т., Хайфа, Израиль

Колледж Шенкар, Рамат-Ган, Израиль

Инженерный колледж Брауде, Кармиэль, Израиль

Избыточные роботы — это механические системы с большим количеством степеней свободы (DOF), чем требуется для выполнения их задачи. Эта избыточность может быть использована для улучшения некоторых аспектов производительности, например, скорости, точности чувствительности или минимизации энергопотребления, как в данной работе. Рассматриваемый сценарий — это частично заданный путь в мировых координатах,

означающий, что в некоторых подзадачах концевой эффектор должен точно следовать заданным положению и скорости.

Между этими задачами движение свободно. Это, а также избыточность в системе, дают возможность оптимально планировать действия степеней свободы роботов, то есть - вектор состояния для достижения минимальной физической энергии.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ПОВЕДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СБОРОЧНЫХ ЗАДАЧ

Ricardo N.C. Rodrigues, Joaquin Dillen, Jaime Fonseca, Antonio H.J. Moreira

2Ai – Школа технологий, IPCA, Барселуш, Португалия

Центр Algoritmi, Университет Минью, Гимарайнш, Португалия

Данное исследование изучает влияние различных методов обучения на производительность человека при выполнении сборочных задач, поскольку ручные процессы остаются нормой во многих отраслях и процедурах, особенно в производстве. В этом смысле были оценены три типа обратной связи для индивидуальных рабочих мест: а) визуальные инструкции через небольшой НМИ, б) звуковые инструкции и с) проекции на рабочее пространство. Процесс сборки был сосредоточен на манипулировании несколькими цветными кубиками. Набор данных был создан пятью пользователями, выполнявшими по три повторения для комбинации из четырех различных макетов, с тремя ограничениями взаимодействия с пользователем (обе руки или одна) для трех различных интерфейсов. Результаты показывают, что пользователи реагируют почти на 15 % быстрее на проецируемые инструкции по

сравнению со звуковыми инструкциями и на 8 % по сравнению с визуальными инструкциями. При оценке влияния вариаций макета результаты не показали значительного влияния с р-значением 0,0501; аналогичным образом, реализация ограничений взаимодействия с пользователем также не показала влияния с р-значением 0,0582, и то же самое относится к пользовательским интерфейсам с р-значением 0,7591. Хотя некоторые небольшие вариации можно идентифицировать, ограниченный набор данных и необходимость дальнейшей оценки/анализа должны быть продвинуты, чтобы обеспечить четкое представление о том, где цифровые двойники человека более склонны помогать изменениям рабочего пространства в соответствии с потребностями пользователя, повышая эффективность человеко-роботизированного сотрудничества в промышленных условиях.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПРОВОЛОКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Д.Демин, И.Гребенкин, А.Баринов

НИУ ВШЭ, Московский институт электроники и математики, Москва

В настоящем исследовании рассматривается конфигурация нейронных сетей на основе многослойных перцептронов (MLP) для оценки распределений компонент тензора остаточных напряжений, которые образуются в процессе волочения круглых проволок. Исследование показывает, что использо-

вание программных реализаций инструментов оптимизации для конфигурации и гиперпараметров полученных моделей, таких как Optuna, BayesianOpt и Skopt, повышает предсказательную способность и точность полученных распределений требуемых характеристик.

*Информационный листок № 5-40***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ ШЕСТОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РОБОТОТЕХНИКИ**

Javaid Iqbal Zahid, Dr. Alex Ferworn, Dr. Fatima Hussain
Университет Торонто Метрополитан, Торонто, Канада

Искусственный интеллект и робототехника существовали для различных роботизированных приложений. Однако для достижения самоконтроля и автономии будущая робототехника должна использовать ресурсы других развивающихся технологий.

В данном исследовании предлагается основа, которая объединяет ИИ, квантовые вычисления и беспроводные мобильные технологии шестого поколения

(6G). Квантовые вычисления способствуют развитию как ИИ, так и беспроводной связи, а ИИ способствует развитию робототехники и беспроводной связи. Синергия между этими технологиями создаст по-настоящему полуавтономную/автономную роботизированную систему, которая может быть развернута для любых ситуаций с подходящими физическими модальностями для наземных, воздушных и морских операций.

*Информационный листок № 5-41***ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ AGV И КОБОТОВ, ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ**

MN. Ben Aziza, A. Badri, H. Jemai
Университет Квебека в Труа-Ривьер (UQTR), Труа-Ривьер, Квебек, Канада

В контексте цифровой трансформации и растущей тенденции интеграции новых технологий на рабочем месте, автономные управляемые транспортные средства (AGV) и коллаборативные роботы (коботы) быстро становятся незаменимыми в различных промышленных секторах. Хотя эти технологии в первую очередь стимулируют инновации и улучшают процессы, создавая многочисленные возможности на многих уровнях, их внедрение также сопряжено со значительными проблемами.

С точки зрения охраны труда и техники безопасности (ОТБ), интеграция этих технологий вызывает

опасения у руководителей не только потому, что они трансформируют традиционные методы работы, но и из-за соображений безопасности. Этот обзор литературы исследует последствия для безопасности и общее влияние AGV и коботов в промышленных условиях, опираясь на недавние публикации.

Наши выводы подчеркивают преимущества включения этих технологий в рабочую среду, а также рассматривают ключевые проблемы ОТБ, с которыми сталкиваются промышленные компании при внедрении этих передовых автономных систем.

*Информационный листок № 5-42***ГЕТЕРОГЕННАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛОЖНЫХ ЗАДАЧ**

Chairi Kiourt, Altzi Tsanko, Konstantinos Tziridis, Georgios Simeonidis, Anestis Koutsoudis, George Ioannakis
Исследовательский центр «Афина», Университетский городок в Киммерии, Ксанти, Греция

В данной статье представлена инновационная концепция интеграции гетерогенных роботизированных систем для решения сложных задач.

Эта концепция объединяет беспилотные летательные аппараты для аэрофотосъемки, беспилотные наземные транспортные средства для наземной навигации и автономные роботизированные манипуляторы для точных операций.

Используя гибридный модуль принятия решений, система интегрирует смешанное целочисленное линейное программирование для глобальной оптимизации задач с обучением с подкреплением для адаптации в реальном времени в динамичных средах. Роботизированные системы были обучены с использованием современного алгоритма обучения с подкреплением для достижения надежных и

эффективных возможностей в неструктурированных условиях. Экспериментальные результаты, подтвержденные как симуляциями, так и реальными сценариями, демонстрируют значительные улучшения в операционной эффективности, адап-

тивности и совместной работе. Это исследование подчеркивает потенциал объединения оптимизационных и основанных на обучении подходов для развития гетерогенной робототехники в критически важных приложениях.

Информационный листок № 5-43

УЯЗВИМОСТЬ СМАРТ-УСТРОЙСТВ IOT К АТАКАМ ЗЛОУМЫШЛЕННИКОВ ПРИ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ

Sumesh J. Philip

Школа информационных технологий, Университет штата Иллинойс, Нормал, США

Инициализация Интернета вещей (IoT) является важным аспектом безопасного управления сетью и эксплуатации смарт-устройств в домах и на предприятиях. Атаки на этом этапе потенциально позволяют злоумышленникам получить учетные данные, которые дают им возможность осуществлять несанкционированный доступ к сети и нарушать работу устройств.

В данной работе исследуется режим точки доступа (AP) инициализации IoT и обнаруживается, что этот метод по своей сути небезопасен и использует слабое шифрование, которое легко взломать. После того как начальная связь нарушена, могут

быть проведены дальнейшие атаки, которые ставят под угрозу безопасность устройства, а также подключенные к нему сети. В качестве примера автор рассматривает популярное IoT-устройство, которое использует этот режим инициализации, на предмет потенциальных уязвимостей на этапе инициализации.

Эксперименты по тестированию на проникновение показывают, что режим точки доступа в устройстве позволяет скомпрометировать как само устройство, так и сеть, что вызывает вопросы о других устройствах/поставщиках, использующих аналогичный режим инициализации IoT.

Информационный листок № 5-44

МЕТОД СБОРА, АНАЛИЗА И ПРИМЕНЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ В РАМКАХ КРУПНЫХ КОНСОРЦИУМНЫХ ПРОЕКТОВ ИНДУСТРИИ 4.0

C. Jandl, P. Kramml, N. Schulze, T. Holzmann, C. Ecker, T. Moser, S. Schlund

Университет прикладных наук Санкт-Пёльтена, Институт технологий креативных медиа, Campus-Platz 1, Санкт-Пёльтен, Австрия

Ecorplus, Агентство по развитию бизнеса Нижней Австрии, Санкт-Пёльтен, Австрия

Венский экономический университет, Институт управления производством, Вена, Австрия

Fraunhofer Austria Research GmbH, Вена, Австрия

Венский технологический университет, Вена, Австрия

Совместные научно-исследовательские проекты в контексте Индустрии 4.0 представляют собой уникальные вызовы и возможности, особенно при участии нескольких корпоративных партнеров с разнообразными целями. В данной статье представлен структурированный метод сбора, анализа и применения корпоративных вариантов в рамках крупных консорциумных проектов для решения общих проблем и использования синергии. Подход включает первоначальные канвы вариантов использования, интервью на месте и стандартизированный опросник для сбора контекстно-специфических деталей. Эти варианты использования затем кластеризуются в тематические группы, такие как отслежи-

вание внутри/вне помещений или стандартизация, при этом они соответствуют областям интересов компаний. Окончательное распределение вариантов использования между партнерами по исследованиям обеспечивает эффективное дальнейшее развитие. Результаты текущего научно-исследовательского проекта Индустрии 4.0 иллюстрируют, как этот процесс может уменьшить фрагментацию, максимизировать использование ресурсов и ускорить инновации. Систематически выявляя и объединяя схожие варианты использования, руководители проектов могут решать общие проблемы Индустрии 4.0 более масштабируемым, совместным и прибыльным способом.

НЕЧЕТКОЕ H_∞ РОБАСТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ И СТРАТЕГИИ С ОТЛОЖЕННЫМ ВХОДОМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРЫ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ T-S

Lahmadi, O. Lahmadi, I. Boumhidi

Лаборатория инноваций в менеджменте и инженерии (LIMIE), Группа высшего образования Edvantis, ISGA Fez, Марокко; Национальная школа прикладных наук, Лаборатория инженерных систем и приложений, Университет Сиди Мохамеда Бен Абделлаха, Фес, Марокко; Кафедра физики, Факультет наук Дар-эль-Махраз, Университет Сиди Мохаммеда Бен Абделлаха, Фес, Марокко

В данной работе представлены передовые стратегии управления для неопределенных ветроэнергетических систем с использованием структуры нечеткого моделирования Тагаки-Сугено (T-S). Исследование сочетает нечеткое H_∞ робастное управление и стратегии с отложенным входом на основе нейронных сетей для решения ключевых проблем, таких как неопределенности системы, внешние возмущения и задержки ввода. Для повышения робастности и минимизации возмущений разработан H_∞ контроллер слежения на основе нечеткого наблюдателя, использующий функцию Ляпунова, критерии производительности H_∞ и неравенство Юнга для установления достаточных условий устойчиво-

сти. Одновременно с этим, для компенсации задержек ввода, вызванных онлайн-обучением, представлен подход управления на основе нейронных сетей. Новые условия стабилизации для систем с отложенным входом получены с использованием квадратичной функции Ляпунова, сформулированной как линейные матричные неравенства (LMI). Обе методологии эффективно решаются с использованием методов оптимизации LMI. Результаты моделирования подтверждают предложенные стратегии, демонстрируя улучшенную устойчивость, робастность и производительность слежения для ветроэнергетических систем в различных рабочих условиях.

МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ МАРШРУТОМ С КРАТЧАЙШИМ ВРЕМЕНЕМ ДЛЯ АВТОНОМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С МЕС

Risa Takeuchi and Tutomu Murase

Университет Нагоя, Лаборатория Мурасэ, Фуру-гё, Нагоя, Айти, Япония

В данной работе авторы предлагают метод управления маршрутом с кратчайшим временем для автономных мобильных роботов (AMR), взаимодействующих с МЕС, которые перемещаются, обмениваясь данными с Mobile Edge Computing (MEC) и другими AMR через точки доступа Wi-Fi (AP). Чтобы AMR не устанавливал дорогостоящий процессорный блок на свою плату, AMR, взаимодействующий с МЕС, непрерывно отправляет данные датчиков, такие как изображения и видеоданные, в МЕС, который обрабатывает данные и отправляет инструкции по перемещению в МЕС. Предполагается, что скорость перемещения AMR может быть пропорциональна пропускной способности связи AMR. До сих пор существует много методов управления, которые могут выбирать маршрут с максимальной пропускной способностью и маршрут с кратчайшей длиной. Однако эти методы

не могли выбрать маршрут с кратчайшим временем или самый быстрый маршрут, который определяется соответствующей комбинацией как длины маршрута, так и пропускной способности на маршруте. Поэтому авторы стремятся разработать метод управления маршрутом с самым быстрым прибытием для AMR.

В предлагаемом методе выбирается AMR, ближайший к месту назначения, за каждую небольшую единицу времени его перемещения. Расстояние, которое необходимо пройти за единицу времени в каждом направлении, являющемся кандидатом для движения вперед, рассчитывается на основе распределения пропускной способности, которое определяется расстоянием от AP. В результате базового исследования предлагаемого метода было подтверждено, что метод достаточно эффективен для выбора самого быстрого маршрута.

«УМНЫЙ КОСТЮМ»: НОВАЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ РАБОТНИКОВ

S. Leggieri, P. Sencandan, V. Fanti, J. Ahmad, D.G. Caldwell, C. Di Natali

Итальянский технологический институт, Департамент передовой робототехники, Генуя, Италия

Генуэзский университет, Департамент информатики, биоинженерии, робототехники и системотехники, Генуя, Италия

Промышленный контекст переживает глубокую трансформацию, и парадигма Индустрии 5.0 предлагает создавать среды, где благополучие человека является центральным элементом инноваций.

Носимые технологии могут играть центральную роль в этой трансформации, где миниатюризация сенсорных устройств обеспечивает потоковую передачу данных в реальном времени для обучения, распознавания, мониторинга и оценки. «Умный костюм», разработанный в ИТ, предназначен для

сбора данных о кинематике работников и их взаимодействии с окружающей средой в операционных сценариях.

Интеграция датчиков IMU и EMG в рабочую одежду повысила удобство использования, простоту подгонки носимых устройств и модульность программной архитектуры, что делает «Умный костюм» подходящей платформой как для исследовательских целей, так и для оперативного использования.

КОГНИТИВНАЯ ЭРГОНОМИКА, ОСНОВАННАЯ НА СОДЕРЖАНИИ, В ИНДУСТРИИ 5.0

Pertti Saariluoma, Jose Cañas, Antero Karvonen, Jaana Leikas

Университет Йювяскюля, Маттиланниеми, Финляндия; Университет Гранады, Гранада, Испания

Технический исследовательский центр VTT Финляндии, Эспоо, Финляндия

Переход от Индустрии 4.0 к Индустрии 5.0 требует создания интеллектуальных артефактов и интеллектуальных информационных процессов. Такие артефакты должны быть способны выполнять задачи по обработке человеческой информации и поддерживать людей в этих задачах. Продолжающаяся трансформация к человеку-ориентированному дизайну интеллектуальных технологий предполагает мета-научную работу над концепциями и методами дизайна, поскольку изменение возможно только тогда, когда человеческие исследования добавляются к ныне доминирующему естественнона-

учному и математическому дизайнерскому мышлению. Авторы данной работы утверждают, что множественная реализуемость, когнитивная миметика и цифровые двойники человека являются важными понятиями для основ этой новой дизайнерской практики. Основная цель дизайнерского мышления в Холистическом обществе 5.0 и Индустрии 5.0 — создание систем обработки информации, которые как поддерживают, так и заменяют человеческое мышление. В целом, авторы называют этот новый подход к дизайну когнитивной эргономикой, основанной на содержании.

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ СТРУКТУРА АУТЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА УМНЫХ ФАБРИКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ IOTA TANGLE

Chun-Mao Lin, Iuon-Chabg Lin, Lois Chuang, Pai-Ching Tseng

Natures Bank Exchange Co., Ltd., Тайвань

Кафедра информационных систем управления, Национальный университет Чун Син, Тайвань

Рост умных фабрик произвел революцию в эффективности производства, но привел к значительным проблемам с информационной безопасностью. Недавние кибератаки, направленные на производственный сектор, выявили уязвимости в традицион-

ных системах с использованием имени пользователя и пароля, а также неадекватность доступа только для внутренних пользователей для партнеров по цепочке поставок. В данном исследовании предлагается архитектура управления идентифика-

цией, использующая IOTA Tangle, технологию распределенного реестра, для решения этих проблем в условиях умных фабрик. Архитектура использует децентрализованные идентификаторы (DID) и проверяемые учетные данные (VC) для обеспечения безопасных и уникальных идентификаторов для пользователей и устройств. Используя масштабируемость IOTA Tangle, безкомиссионные транзакции и быстрое время подтверждения, предлагаемое решение обеспечивает стабильную работу при высо-

ких нагрузках. Анализ производительности подтверждает безопасность, удобство использования и практичность системы, что делает ее экономически эффективным подходом к управлению идентификацией.

Эта структура повышает безопасность, облегчает интеграцию цепочки поставок и поддерживает цифровую трансформацию обрабатывающей промышленности, одновременно снижая связанные риски.

Информационный листок № 5-50

О ВОЗМОЖНОСТЯХ И ОГРАНИЧЕНИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ИНДУСТРИИ 4.0 И 5.0

M. S. Reis

Университет Коимбры, CERES, Кафедра химической инженерии, Коимбра, Португалия

Искусственный интеллект и машинное обучение (ИИ/МО) проникают в общество и, конечно же, присутствуют в различных секторах промышленности, где их влияние уже привело к интересным результатам. Однако, несмотря на истории успеха ИИ/МО в решении открытых проблем в различных промышленных секторах, растет осознание того, что простое применение ИИ/МО не справляется с полной сложностью промышленных процессов, которые, кроме того, являются «богатыми данными, но бедными информацией». Автор данной работы

утверждает, что это происходит из-за недооценки природы систем и данных, собранных из них, и того, как они могут быть интегрированы с ИИ/МО в согласованные рабочие процессы. Поэтому в данной работе предлагается создать новую дисциплину в инженерной подготовке, чтобы объединить фундаментальные концепции, методы и подходы для разработки эффективных решений, основанных на данных, в промышленности. Эта дисциплина называется «Аналитика промышленных процессов», и ее основные элементы представлены.

Информационный листок № 5-51

КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ В 3D-ПЕЧАТИ БЕТОНОМ

M. El Mesoudy, R. Foulki, D. Amegouz

Лаборатория LTSL, Университет Сиди Мохамеда Бен Абделлаха, Фес, Марокко

Строительный факультет, Университет Мулая Исмаила, Мекнес, Марокко

Строительная отрасль отстает в применении автоматизации по сравнению с другими секторами, продолжая сталкиваться с такими проблемами, как неэффективность и несоответствия в качестве. 3D-печать бетоном (3DCP) стала прорывной технологией, предлагающей такие преимущества, как повышенная скорость, гибкость дизайна и сокращение отходов. Несмотря на свой потенциал, 3DCP сталкивается с проблемами в точности процесса и масштабируемости. Данное исследование предлагает интеграцию киберфизических систем (CPS) в 3DCP для решения этих проблем. Структура CPS использует датчики реального времени, обработку

данных и управление обратной связью для мониторинга и корректировки ключевых параметров во время печати. Используя передовые алгоритмы и адаптивные механизмы, CPS обеспечивает точность, минимизирует отходы материала и повышает масштабируемость. Проверка и тестирование подтверждают значительные улучшения в однородности слоев и автоматизации. Эта работа способствует разработке интеллектуальных и эффективных процессов 3DCP, подходящих для крупномасштабных применений, и закладывает основу для будущих улучшений на основе ИИ в реальных строительных условиях.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЖИДКОСТИ В МИКРОФЛЮИДНЫХ УСТРОЙСТВАХ С ПЕРЕМЕННОЙ ШИРИНОЙ КАНАЛА ПО ПРЯМОУГОЛЬНЫМ ОБРАЗЦАМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SLA

G. Felicita, V. H Cabrera-Moreta, L. Juiña

Кафедра машиностроения, Политехнический университет Салезиана, Кито – Эквадор

Резюме: Микрофлюидика, усовершенствованная стереолитографической 3D-печатью с селективным лазерным спеканием (SLA), предлагает экономичный и точный метод изготовления высококачественных микроканалов. В данном исследовании изучается взаимосвязь между размерами канала и скоростью жидкости с использованием четырех микрофлюидных устройств с фиксированной высотой 600 микрометров и переменной шириной (600, 800, 1000 и 1200 микрометров). Результаты показывают, что более широкие каналы снижают сопротивление потоку, что приводит к более

высоким скоростям жидкости, при этом наблюдаются вариации в разных секциях канала из-за турбулентности вблизи зон удержания. Методы постобработки, включая воздушную очистку и термическое отверждение, были необходимы для обеспечения структурной целостности и оптимальной производительности.

Эти результаты подчеркивают критическую роль геометрии канала в гидродинамике, предоставляя информацию для проектирования эффективных микрофлюидных устройств для биомедицинских применений.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ И КОРРЕКЦИЯ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ФЛУКТУАЦИЙ В СИГНАЛЕ ПРИВОДА ДВИГАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ОСЕЙ

C. Schöberlein, A. Schleinitz, H. Schlegel, M. Dix

Кафедра производственных систем и процессов (PSP), Хемницкий технический университет, Хемниц, Германия

Институт Фраунгофера станков и технологий формообразования IWU, Хемниц, Германия

Электромеханические оси генерируют высокоточные профили движения и последовательности позиционирования в широком спектре промышленных применений. Использование внутренних сигналов привода для целей мониторинга, например, для оценки нагрузки на ось во время производственного процесса, привлекает все больше внимания. Одним из основных недостатков является наложение на пропорциональный нагрузке крутящий момент двигателя дополнительных эксплуатационных помех. В статье представлен новый подход к идентификации и коррекции периодических флуктуаций и помех в

сигнале крутящего момента двигателя. Для этого применяется новый метод автоматического автономного определения соответствующих спектральных составляющих с использованием метода наименьших квадратов. Идентифицированные значения амплитуды и фазы сохраняются в таблицах поиска, зависящих от скорости. Во время нормальной работы сумма отдельных синусоид вычитается из измеренного крутящего момента двигателя. В статье приводится общее описание методологии и ее функциональная проверка на одноосном испытательном стенде, оснащенном промышленным управлением.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ НАВИГАЦИИ AGF

N. Kita and T. Kato

Совместная исследовательская лаборатория передовой логистики TICO-AIST, Национальный институт передовой промышленной науки и технологии (AIST), Цукуба, Япония

Для реализации автоматической передачи поддонов с помощью AGF ранее были предложены метод обновления в реальном времени положения и ориентации движущегося AGF путем отслеживания горизонтального края передней части поддона в поле зрения.

Полезность метода была подтверждена в лабораторных экспериментах, но для его применения на реальных объектах необходимо было повысить надежность обработки изображений. В данной статье описывается метод выбора оптимального из четырех вариантов горизонтальных краев, присут-

ствующих в передней части поддона в начале движения, и одновременного определения оптимальных параметров обработки изображений. Кроме того, в работе описаны полезные методы и их реализация для непрерывного обнаружения первоначально выбранного края после начала движения. В данной статье также представлены результаты эксперимента, проведенного для оценки повышения надежности в экспериментальном пространстве, близком к реальной среде, и результаты приближения к поддону с помощью реального AGF с использованием предложенного метода.

РАЗРАБОТКА API ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ТАБЛИЧНЫХ ДАННЫХ В СИСТЕМУ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ (ERP)

Luís Vilas Boas, João M. Faria, N. Simões, Joaquin Dillen, Inês Caetano, Luís Cardoso, João Borges, António H. J. Moreira

2Ai – Школа технологий, IPCA, Барселуш, Португалия

LASI – Ассоциированная лаборатория интеллектуальных систем, Гимарайнш, Португалия

Sistrade – Консалтинг по программному обеспечению, SA, Порту, Португалия

Miranda & Irmão, LDA, Агеда, Португалия

В настоящее время компании сталкиваются с проблемой управления большими объемами неструктурированных данных, особенно в табличном формате. Существуют различные методы извлечения данных из таблиц, включая неморфологические методы, сопоставление с шаблонами и оптическое распознавание символов (OCR). Однако эти подходы часто не справляются с эффективной обработкой сложных и разнообразных табличных структур, встречающихся в документах. Для устранения этого ограничения был разработан алгоритм API для автоматизированного извлечения табличных данных с последующей интеграции их в системы планирования ресурсов предприятия (ERP).

Данный API обрабатывает документы, используя комбинацию из 2 моделей: (a) DETection TRansformer (DETR)+TATR-v1.1 или (b) DETR+YOLO V8, оптимизированных для обнаружения и сегментации компонентов таблиц, в то время как извлечение текста выполняется с помощью OCR. DETR+YOLO V8 продемонстрировал превосходную производительность, особенно при специализации на конкретных компонентах, достигнув mAP50-95 (среднее значение средней точности) в 97,5 % на тестовом наборе данных.

Этот подход позволит ERP-системам достичь большей автоматизации и точности в управлении данными.

Количество информационных листов, опубликованных в данном сборнике, – 55.

Информационный бюллетень: Автоматизация, робототехника и связь для Индустрии 4.0/5.0/ Федеральное государственное унитарное предприятие «НТЦ оборонного комплекса «Компас», 2025. Вып. 5. С. 1—30.

Подписано в печать 02.09.2025.

Формат 60х84 1/8. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 1,6. Уч.-изд. л. 1,8.

Цена договорная.

<http://ntskompas.ru>

Отпечатано в ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас».

125424, Москва, Волоколамское ш., д. 77