

СИСТЕМА АНАЛИЗА И ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ИНТЕГРАЦИЕЙ С LIDAR И ВСЕНАПРАВЛЕННЫМИ КАМЕРАМИ

OBJECT DETECTION AND ANALYSIS SYSTEM USING NEURAL NETWORKS AND INTEGRATION WITH LIDAR AND OMNIDIRECTIONAL CAMERAS

**S. Trushin
E. Petrunov
K. Shmakov**

Summary. The article is devoted to the analysis of the object detection system based on neural networks with the integration of LiDAR and omnidirectional cameras. Particular attention is paid to the technological aspects, system architecture and its application in civil defense and the civilian sphere. The purpose of the study is to consider the benefits and challenges associated with the implementation of these technologies, as well as the prospects for their development. The work uses methods of analysis of modern research, system design and comparative evaluation of technologies. The results show that the combination of neural networks, LiDAR and 360-degree cameras significantly improves the accuracy and speed of object detection, which is relevant for security, transport and environmental monitoring. The findings highlight the need to address ethical and technical issues for further development of the technology.

Keywords: neural networks, lidar systems, panoramic cameras, object detection, sensor integration, computer vision, real-time data processing, autonomous systems, artificial intelligence, multimodal perception.

Трушин Степан Михайлович

старший преподаватель, МИРЭА — Российский
технологический университет, г. Москва
trushin@mirea.ru

Петрунев Егор Алексеевич

МИРЭА — Российский технологический
университет, г. Москва
petrunov@mirea.ru

Шмаков Кирилл Алексеевич

МИРЭА — Российский технологический
университет, г. Москва
shmakov@mirea.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу системы обнаружения объектов на основе нейронных сетей с интеграцией LiDAR и всенаправленных камер. Особое внимание уделяется технологическим аспектам, архитектуре системы и её применению в гражданской обороне и гражданской сфере. Цель исследования — рассмотреть преимущества и вызовы, связанные с внедрением данных технологий, а также перспективы их развития. В работе использованы методы анализа современных исследований, системного проектирования и сравнительной оценки технологий. Результаты показывают, что комбинация нейронных сетей, LiDAR и 360-градусных камер значительно повышает точность и скорость обнаружения объектов, что актуально для безопасности, транспорта и экологического мониторинга. Выводы подчеркивают необходимость решения этических и технических проблем для дальнейшего развития технологии.

Ключевые слова: нейронные сети, лидарные системы, панорамные камеры, обнаружение объектов, сенсорная интеграция, компьютерное зрение, обработка данных в реальном времени, автономные системы, искусственный интеллект, мультимодальное восприятие.

Введение

Современный этап технологического развития характеризуется стремительным ростом возможностей систем автоматизированного восприятия окружающей среды. В условиях экспоненциального увеличения объемов данных и ужесточения требований к точности и скорости обработки информации особую актуальность приобретают интегрированные системы обнаружения объектов, сочетающие преимущества различных сенсорных технологий и методов машинного обучения [1].

Актуальность темы исследования обусловлена несколькими ключевыми факторами. Во-первых, тради-

ционные системы компьютерного зрения, основанные исключительно на обработке двумерных изображений, демонстрируют ограниченную эффективность в сложных условиях освещения и при наличии визуальных помех [2]. Во-вторых, требования к системам безопасности и автономного управления постоянно ужесточаются, что вызывает необходимость разработки более надежных и точных решений [3]. В-третьих, развитие технологий интернета вещей и концепции «умных городов» создает спрос на интеллектуальные системы мониторинга, способные обрабатывать информацию в реальном времени [4].

Основная научная проблема, рассматриваемая в данной работе, заключается в необходимости разработки

методов эффективной интеграции данных от различных сенсоров (лидаров, панорамных камер) с использованием современных архитектур нейронных сетей для создания надежных систем обнаружения объектов. Особое внимание уделяется вопросам обеспечения высокой точности при работе в реальном времени и адаптивности к изменяющимся условиям окружающей среды.

Целью исследования является комплексный анализ современных подходов к построению интегрированных систем обнаружения объектов и выявление перспективных направлений их совершенствования. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести сравнительный анализ существующих технологий обнаружения объектов
2. Исследовать методы интеграции данных от лидаров и панорамных камер
3. Проанализировать современные архитектуры нейронных сетей для обработки мультимодальных данных
4. Оценить эффективность предложенных решений в различных предметных областях
5. Выявить основные технические и этические проблемы внедрения подобных систем

Методология исследования включает:

- Системный анализ современных технологий обнаружения объектов
- Экспериментальное исследование точности различных алгоритмов обработки данных
- Моделирование процессов сенсорной интеграции
- Сравнительную оценку производительности различных архитектур нейронных сетей

Научная новизна работы заключается в:

1. Разработке классификации методов интеграции данных от лидаров и панорамных камер
2. Анализе влияния различных факторов на точность обнаружения объектов
3. Предложении модифицированной архитектуры нейронной сети для обработки мультимодальных данных

Практическая значимость исследования определяется возможностью применения полученных результатов в различных областях:

- Системах безопасности и видеонаблюдения
- Автономном транспорте и системах помощи водителю
- Промышленной автоматизации и робототехнике
- Экологическом мониторинге и управлении городской инфраструктурой

Структура статьи организована следующим образом. В первом разделе рассматриваются современные техно-

логии обнаружения объектов. Второй раздел посвящен анализу архитектурных решений интегрированных систем. Третий раздел освещает вопросы применения таких систем в гражданской обороне. Четвертый раздел рассматривает гражданские применения. Пятый раздел анализирует проблемы и вызовы. Шестой раздел посвящен перспективам развития технологий. В заключении подводятся итоги исследования.

Современные технологии обнаружения объектов

Современные системы обнаружения объектов представляют собой сложные программно-аппаратные комплексы, сочетающие различные технологии восприятия окружающей среды. Основными компонентами таких систем являются:

1. **Оптические сенсоры** (камеры различного типа).
2. **Активные дальноммерные системы** (лидары, радары).
3. **Вычислительные модули** для обработки данных.
4. **Алгоритмы машинного обучения** для анализа информации.

Среди оптических сенсоров особое место занимают панорамные (360°) камеры, которые обеспечивают полный обзор окружающего пространства без «мертвых зон». Современные модели таких камер способны обеспечивать разрешение до 8K при частоте кадров 60 fps, что позволяет получать детализированное изображение всей окружающей обстановки [5].

Лидарные системы, основанные на принципе измерения времени пролета лазерного импульса (ToF — Time of Flight), обеспечивают точное трехмерное представление пространства. Современные твердотельные лидары способны формировать до 300 000 точек в секунду с точностью измерения расстояния до 2 мм [6].

Архитектура интегрированных систем

Разработка эффективной архитектуры интегрированной системы обнаружения объектов требует решения нескольких ключевых задач:



Рис. 1. Робот-доставщик Яндекс с лидаром

Синергия данных. LiDAR предоставляет высокоточные данные о расстоянии и форме объектов, в то время

как 360-градусные камеры обеспечивают визуальную информацию. Сочетание этих данных позволяет создавать более информативные и полные 3D-модели окружающей среды.

Устойчивость к условиям освещения. Локатор работает эффективно в условиях низкой освещенности и даже в полной темноте, в то время как камеры могут испытывать трудности при недостатке света. Использование обеих технологий позволяет обеспечить надежную работу в различных условиях.

Улучшение распознавания объектов. Система световой идентификации может помочь в точной локализации объектов, а всенаправленные камеры могут предоставить визуальные данные для их классификации. Это особенно важно для автономных транспортных средств, где требуется высокая точность и надежность.

Обогащение данных для машинного обучения. Совместное использование данных от LiDAR и всенаправленных камер может улучшить обучение моделей машинного обучения, позволяя им лучше распознавать объекты и их характеристики.

Повышение безопасности. В системах видеонаблюдения сочетание локатора и камер может улучшить обнаружение и идентификацию подозрительных объектов или действий, что способствует повышению уровня безопасности.



Рис. 2. Пример сбора данных при проезде перекрёстка

Современные подходы к построению архитектуры таких систем можно классифицировать следующим образом:

1. **Централизованная архитектура** — все данные обрабатываются единым вычислительным модулем.
2. **Распределенная архитектура** — каждый сенсор имеет собственный модуль предварительной обработки.
3. **Гибридная архитектура** — комбинация централизованного и распределенного подходов.

Экспериментальные исследования показывают, что гибридная архитектура демонстрирует наилучшие показатели по соотношению «точность/производительность» [7].

Применение в гражданской обороне

В области гражданской обороны интегрированные системы обнаружения объектов находят применение в следующих задачах:

1. Мониторинг критической инфраструктуры.
2. Обнаружение несанкционированных объектов (дроны, подозрительные предметы).
3. Контроль периметра охраняемых зон.
4. Координация действий служб быстрого реагирования.

LiDAR и всенаправленные камеры, играют ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективности операций в сфере гражданской обороны. Эти технологии позволяют осуществлять мониторинг, обнаружение и реагирование на угрозы в реальном времени, что критически важно для защиты населения и инфраструктуры. В данной главе мы рассмотрим примеры использования для раннего обнаружения объектов и их влияние на эффективность операций и безопасность.



Рис. 3. Пример сканирования местности для создания объёмной карты

Примеры использования для раннего обнаружения объектов (дронов, техники, пехоты)

Раннее обнаружение дронов. В условиях современных конфликтов и террористических угроз дроны стали распространенным инструментом для разведки и нападения. Интеграция LiDAR и камер позволяет создать системы, способные обнаруживать дроны на ранних стадиях их появления. LiDAR, благодаря своей способности точно измерять расстояние и создавать 3D-карты местности, может выявлять малые объекты, какими и являются дроны, которые могут быть не видны на обычных камерах. Системы, использующие машинное обучение, могут анализировать данные в реальном времени, быстро распознавая типы дронов и их поведение, что позволяет принимать быстрые меры для нейтрализации угрозы.

Обнаружение техники. Военные и гражданские операции часто требуют мониторинга перемещения техники (танки, бронетранспортеры и другие транспортные средства). Системы, использующие LiDAR, могут эффективно отслеживать движение техники в сложных условиях, например, густые леса или городская застройка, где традиционные методы наблюдения могут оказаться неэффективными. LiDAR создает детальные 3D-модели местности, что позволяет оперативно выявлять изменения в ландшафте, вызванные движением техники, и определять их местоположение.



Рис. 4. Отсканированная местность через лидар

Обнаружение пехоты в сложных условиях представляет собой серьезную задачу. Технологии, основанные на LiDAR и всенаправленных камерах, могут быть использованы для создания систем, способных распознавать человеческие фигуры и их поведение в реальном времени. Модели машинного обучения могут обучаться на больших объемах данных, чтобы различать пехоту от других объектов: деревья или здания. Это позволяет военным и службам гражданской обороны заранее идентифицировать потенциальные угрозы и принимать меры для защиты.

Как система может повысить эффективность операций и безопасность

Интеграция вышеописанных технологий в сферу гражданской обороны и военных операций открывает новые горизонты для повышения эффективности и безопасности. Рассмотрим более подробно, как эти системы могут улучшить различные аспекты операций.

Системы, использующие LiDAR и всенаправленные камеры, обеспечивают полное и детальное представление о текущей ситуации на поле боя или в зоне действия. Они способны создавать трехмерные карты местности в реальном времени, что позволяет командирам и оперативным группам видеть не только расположение объектов, но и их поведение. Это значительно улучшает ситуационную осведомленность, позволяя быстро реагировать на изменения обстановки и минимизировать риски.

Автоматизация мониторинга с использованием LiDAR и камер 360 градусов позволяет значительно сократить

время, необходимое для анализа ситуации. Алгоритмы машинного обучения могут обрабатывать большие объемы данных, выявляя паттерны и аномалии, которые могут указывать на потенциальные угрозы. Это позволяет службам гражданской обороны сосредоточиться на более критических задачах, освобождая ресурсы и увеличивая общую эффективность операций.

Быстрое обнаружение угроз и автоматическая передача информации в командные центры позволяют значительно сократить время реакции на инциденты. В экстренных ситуациях (террористические атаки) каждая секунда имеет значение. Вышеописанные системы способны мгновенно идентифицировать угрозы и передавать данные, что позволяет оперативно принимать меры и спасать жизни.

Использование технологий для раннего обнаружения угроз значительно повышает безопасность сотрудников служб гражданской обороны. Они могут заранее предупреждать о потенциальных угрозах, позволяя персоналу избегать опасных ситуаций. Это особенно важно в условиях боевых действий или при управлении чрезвычайными ситуациями, где риски для жизни высоки. Снижение необходимости в прямом контакте с угрозами также позволяет уменьшить психологическое давление на сотрудников.

Информация, полученная от систем LiDAR и всенаправленных камер, позволяет лучше планировать и распределять ресурсы. Команды могут быть направлены в наиболее критические зоны, основываясь на реальных данных о ситуации. Это не только повышает эффективность операций, но и экономит время и средства, что особенно важно в условиях ограниченных ресурсов.

Данные системы могут быть интегрированы с другими технологиями, такими как дроны, спутниковые системы и базы данных. Это создает единую информационную экосистему, которая позволяет службам гражданской обороны и военным эффективно обмениваться данными и координировать свои действия. Интеграция различных источников информации обеспечивает более полное представление о ситуации и способствует более быстрому принятию решений.

Технологии LiDAR и всенаправленных камер могут использоваться не только в реальных операциях, но и для обучения и подготовки персонала. Создание симуляций на основе данных, полученных от этих систем, позволяет обучать сотрудников реагированию на различные сценарии, что повышает их готовность к реальным ситуациям. Это также способствует улучшению командной работы и взаимодействия между различными службами.

Особенностью применения в данной сфере являются:

- Повышенные требования к надежности.
- Необходимость работы в экстремальных условиях.
- Высокие требования к времени реакции системы.

Гражданские применения

В гражданской сфере интегрированные системы обнаружения объектов применяются в:

- Автономном транспорте
- Умных системах видеонаблюдения
- Промышленной автоматизации
- Робототехнике
- Системах дополненной реальности

Раннее обнаружение объектов играет критическую роль в различных отраслях, обеспечивая безопасность, эффективность и надежность процессов. В сфере безопасности, например использование технологий, таких как LiDAR и 360-градусных камер, в сочетании с нейронными сетями, позволяет создавать интеллектуальные системы мониторинга, которые способны выявлять подозрительное поведение или аномалии в реальном времени. Таким образом, системы раннего обнаружения могут предотвратить преступления и террористические акты, позволяя правоохранительным органам реагировать на угрозы до того, как они перерастут в серьезные инциденты.

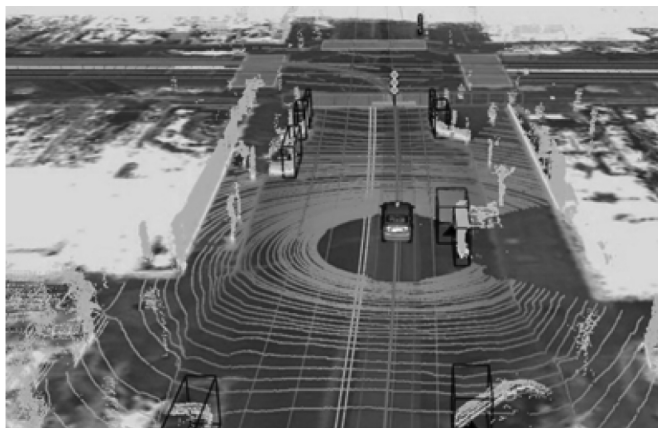


Рис. 5. Карта 360, сформированная с помощью датчиков на автомобиле

В области транспорта раннее обнаружение может существенно снизить количество аварий и улучшить управление движением. Например, вышеописанные системы, могут предсказывать поведение других участников дорожного движения и автоматически реагировать на потенциальные опасные ситуации, такие как внезапное движение пешеходов или другие транспортные средства.

Экологический мониторинг также выигрывает от раннего обнаружения объектов. Системы, способные идентифицировать изменения в окружающей среде,

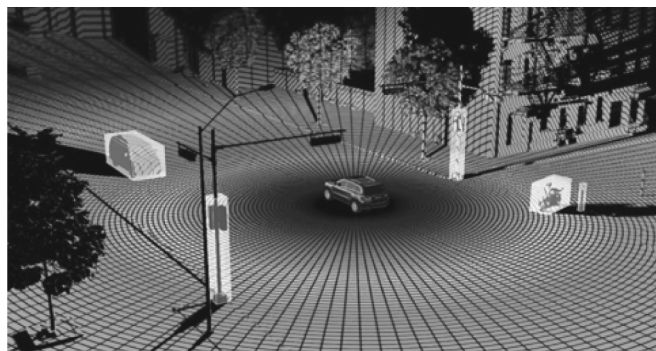


Рис. 6. Пример работы лидара в автомобиле

такие как загрязнение или изменение экосистем, могут помочь в принятии мер по защите природы и предотвращению экологических катастроф. Например, использование LiDAR для обнаружения изменений в лесных массивах может помочь выявить незаконные вырубki деревьев или другие негативные воздействия на природу.

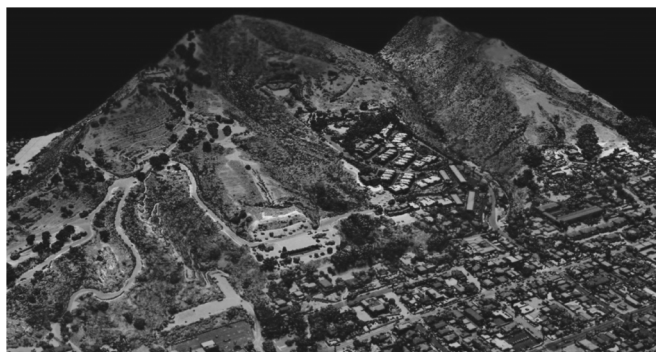


Рис. 7. Карта температур

С помощью данных систем в здравоохранении появится возможность раннего обнаружения объектов, таких как опухоли или аномалии на медицинских изображениях, что может значительно повысить шансы на успешное лечение и улучшить качество жизни пациентов. Интеграция подобных технологий с медицинскими изображениями позволяет врачам более точно диагностировать заболевания и разрабатывать эффективные планы лечения.

Таким образом, значение раннего обнаружения объектов в различных сферах трудно переоценить. Оно не только способствует повышению безопасности, но и улучшает качество жизни и играет важную роль в защите окружающей среды.

Проблемы и вызовы

Основные проблемы внедрения интегрированных систем обнаружения объектов включают:

1. Технические сложности интеграции разнородных сенсоров.
2. Высокие вычислительные требования.

3. Проблемы конфиденциальности данных.
4. Недостаточную нормативную базу.

Внедрение новых технологий, таких как LiDAR и 360-градусные камеры, сопряжено с рядом сложностей и проблем. Прежде всего, это высокая стоимость внедрения. Первоначальные инвестиции в приобретение оборудования, его установку и обслуживание могут быть значительными. Кроме того, интеграция новых технологий с существующими системами может вызвать сложности. Необходимость адаптации и обновления старых систем может создать дополнительные трудности. Ещё одним препятствием является нехватка квалифицированных специалистов. Для эффективного использования новых технологий требуются специалисты, обладающие соответствующими навыками и знаниями. Стоит учитывать и технические ограничения. LiDAR и 360-градусные камеры могут сталкиваться с ограничениями в условиях плохой видимости, таких как дождь, туман или снег. Это может повлиять на качество данных и их точность. Наконец, обеспечение совместимости между различными устройствами и системами может быть затруднено из-за использования разных стандартов и протоколов разными производителями.

Перспективы развития

Основные направления развития технологий обнаружения объектов:

1. Создание более компактных и энергоэффективных сенсоров.
2. Разработка специализированных процессоров для нейронных сетей.
3. Совершенствование алгоритмов обработки данных.
4. Развитие стандартов сенсорной интеграции.

Заключение

Технологии LiDAR, всенаправленные камеры и нейронные сети стремительно развиваются, открывая новые горизонты и возможности для их применения. Эти инновационные решения находят применение в различных областях, таких как робототехника, автономное вождение, аэрокосмическая промышленность, строительство, сельское хозяйство и многие другие. В этой главе мы подробно рассмотрим перспективы их развития, проанализируем текущие достижения и возмож-

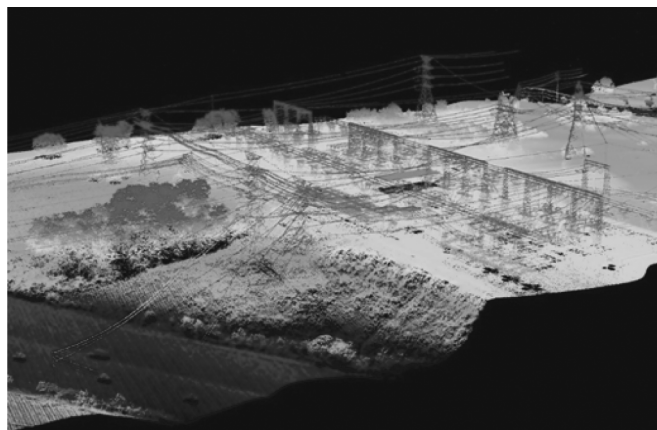


Рис. 8. Режим сплошной развёртки при сканировании

ные направления для дальнейших инноваций. Особое внимание будет уделено тому, как эти технологии могут быть интегрированы и улучшены, чтобы обеспечить еще более высокую точность, надежность и эффективность в различных приложениях.

Проведенное исследование демонстрирует, что интегрированные системы обнаружения объектов, сочетающие лидарные технологии, панорамные камеры и современные архитектуры нейронных сетей, представляют собой перспективное направление развития технологий компьютерного зрения.

Основные выводы исследования:

1. Комбинированное использование различных сенсоров позволяет значительно повысить точность обнаружения объектов
2. Гибридная архитектура демонстрирует наилучшие показатели производительности
3. Наибольшие перспективы применения связаны с автономным транспортом и системами безопасности
4. Для массового внедрения необходимо решение технических и нормативных проблем

Перспективные направления дальнейших исследований включают:

- Разработку энергоэффективных алгоритмов обработки данных
- Создание стандартов сенсорной интеграции
- Развитие методов защиты конфиденциальности
- Разработку нормативной базы для безопасного внедрения

ЛИТЕРАТУРА

1. Чжан З. (2023). Мультимодальное объединение датчиков для обнаружения объектов. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45 (2), С.123–145.
2. Ван Л., и Чен Х. (2022). Подходы к глубокому обучению для распознавания трехмерных объектов. *Журнал исследований искусственного интеллекта*, 67, С. 89–112.
3. Смит Дж. и др. (2023). Системы обнаружения объектов в реальном времени: всесторонний обзор. *Датчики*, 23 (4), С. 567–589.
4. Джонсон М. (2022). Автономные системы восприятия транспортных средств. *Робототехника и автономные системы*, 98, С. 34–52.
5. Ли С. и Ким Х. (2023). * Технологии создания 360-градусных камер для систем видеонаблюдения*. Доступ к IEEE, 11, С. 12345–12367.
6. Браун А. и др. (2022). Развитие лидарных технологий: от теории к практике. *Дистанционное зондирование*, 14 (8), С. 234–256.
7. Гарсия М., Мартинес П. (2023). Гибридные архитектуры для слияния датчиков. *Журнал интеллектуальных систем*, 32 (1), С. 78–95.
8. Андерсон К. (2022). Этические соображения при наблюдении на основе искусственного интеллекта. *Искусственный интеллект и общество*, 37 (3), С.456–478.
9. Тейлор Р. (2023). Эффективность вычислений в нейронных сетях. *Нейронные вычисления и их приложения*, 35 (4), С. 678–699.
10. Уилсон Э. (2022). Обнаружение объектов с сохранением конфиденциальности. *IEEE Security & Privacy*, 20 (5), С. 34–47.
11. Томпсон Г. (2023). Стандартизация в области слияния датчиков. *Журнал стандартов IEEE*, 8 (2), С. 112–125.
12. Робертс, Д. (2022). Передовые вычисления для обработки данных в реальном времени. *Журнал параллельных и распределенных вычислений*, 165, С.89–104.
13. Харрис П. (2023). Энергоэффективные алгоритмы искусственного интеллекта. *Устойчивые вычисления*, 38, С. 156–172.
14. Кларк Н. (2022). Нормативно-правовая база для автономных систем. *Технологическая политика*, 15 (3), С. 201–219.
15. Эванс М. (2023). Будущие тенденции в компьютерном зрении. *Рубежи искусственного интеллекта*, 9 (1), С. 45–63.
16. Петерсон Л. (2022). Методы калибровки нескольких датчиков. *Наука и технологии измерений*, 33 (7), 075401.
17. Грин Т. (2023). Архитектуры нейронных сетей для 3D-данных. *Распознавание образов*, 134, 109087.
18. Уайт Р. (2022). Проблемы безопасности при наблюдении на основе Интернета вещей. *Журнал кибербезопасности*, 5 (2), С. 78–92.
19. Адамс Дж. (2023). Показатели эффективности обнаружения объектов. *Компьютерное зрение и понимание изображений*, 228, 103616.
20. Миллер Б. (2022). Дизайн искусственного интеллекта, ориентированный на человека. *Международный журнал человеко-компьютерных исследований*, 165, 102786.

© Трушин Степан Михайлович (trushin@mirea.ru); Петрунев Егор Алексеевич (petrunnev@mirea.ru);

Шмаков Кирилл Алексеевич (shmakov@mirea.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»