С

Проблемы искусственного интеллекта. 2026. N 3 (42). С. 36-47
Problems of Artificial Intelligence. 2026;3(42): 36-47
Искусственный интеллект и машинное обучение
Научная статья

УДК 004.89 **DOI** 10.24412/2413-7383-2026-3-42-36-47

А.И. Сорокин[1], А.И. Пурис[2], А.Ю. Довгань[3]
Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт
по автоматизации горных машин «ГБУ Автоматгормаш им. В. А. Антипова»
Российская Федерация, ДНР, 283003 г. Донецк, пр. Ильича, 93
[1]sorokin.ai@science.gov-dpr.ru, ORCID 0009-0006-3779-3173
[2]oagm308@mail.ru, ORCID 0009-0000-3982-2704.
[3]agm_osu@mail.ru, ORCID 0000-0001-7154-4513.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ТРЁХМЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ОГРАНИЧЕННОГО ПРОСТРАНСТВА МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ С RGB-D КАМЕРАМИ

A.I. Sorokin[1], A.I. Puris[2], A.Y. Dovgan[3]
Scientific Research and Design Institute for Automation of Mining Machines "GBU Automatgormash named after V. A. Antipov"
Russian Federation, DNR, 283003 93 Ilyich ave., Donetsk
[1]sorokin.ai@science.gov-dpr.ru, ORCID 0009-0006-3779-3173
[2]oagm308@mail.ru, ORCID 0009-0000-3982-2704.
[3]agm_osu@mail.ru, ORCID 0000-0001-7154-4513.

LOCALIZATION AND THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTION OF A LIMITED SPACE USING COMPUTER VISION METHODS WITH RGB-D CAMERAS

В статье рассмотрена технология определения координат объектов в ограниченном пространстве с помощью RGB-D-камер. Предложен метод DARP для компенсации перспективных искажений по данным глубины; для сопоставления признаков в реальном времени применён алгоритм ORB. Разработана система реконструкции 3D-сцен — она строит облако точек, сегментирует объекты, выполняет семантическую аннотацию и генерирует полигональные сетки с помощью Total3D Understanding. Эксперименты подтвердили пригодность визуализации для навигации. Результаты применимы в робототехнике и системах смешанной реальности.
Ключевые слова: RGB-D камеры, смешанная реальность, реконструкция 3D-сцен, облако точек, сегментация объектов, алгоритм ORB, мобильная робототехника.

The article examines the technology for determining the coordinates of objects in a limited space using RGB-D cameras. The DARP method is proposed for compensating perspective distortions based on depth data; the ORB algorithm is used to match features in real time. A 3D scene reconstruction system has been developed — it builds a point cloud, segments objects, performs semantic annotation, and generates polygonal meshes using Total3D Understanding. Experiments have confirmed the suitability of the visualization for navigation. The results are applicable in robotics and mixed reality systems.
Keywords: RGB-D cameras, mixed reality, 3D scene reconstruction, point cloud, object segmentation, ORB algorithm, mobile robotics.

Введение

С инженерной точки зрения смешанная реальность использует наработки виртуальной и дополненной реальности [1], [2], но отличается философией интеграции цифры в физический мир. Виртуальная реальность полностью изолирует пользователя от окружения, что ведёт к потере связи с реальным миром. Дополненная реальность лишь добавляет информационный слой, не встраивая объекты в среду по-настоящему. Смешанная же реальность стремится органично вписать виртуальные объекты, чтобы они воспринимались как часть единого пространства. Технически существуют два подхода. Первый — прозрачная оптика, как в HoloLens, где виртуальный объект виден за счёт яркости, но не может перекрывать реальный, не даёт корректных теней и освещения. [3] Второй — видеопрозрачные системы, где реальность и виртуальность находятся в одном видеопотоке, что даёт больше возможностей, но требует сложной программной реализации освещения, отражений и минимальной задержки. Главная проблема смешанной реальности — конфликт реального и виртуального миров, вызывающий головные боли, тошноту и даже травмы. [4] Перспективное решение — перенести реальный мир в виртуальный, создав точную цифровую копию окружения с помощью RGB-D камер, которые дают цветное изображение и карту глубины. Это позволяет использовать единые правила рендеринга, освещения и теней для всех объектов сцены.

Информация о глубине в таких системах обычно сохраняется в специальной структуре данных, называемой Z-буфером или буфером глубины, представляющей собой двумерный массив, каждый элемент которого содержит расстояние от камеры до ближайшей точки объекта в соответствующем пикселе сцены. При визуализации для наглядности глубину часто отображают в градациях серого, применяя простое, но эффективное правило: чем дальше точка объекта от камеры, тем светлее или ближе к белому она выглядит на экране, тогда как ближние объекты, наоборот, отображаются тёмными тонами вплоть до чёрного. Это позволяет оператору или алгоритму с одного взгляда оценить структуру сцены и пространственное расположение объектов. Пример обычного RGB-изображения некоторой сцены и соответствующего ему Z-буфера той же сцены, где светлые участки соответствуют дальнему фону, а тёмные — объектам на переднем плане, представлен в соответствии с рисунком 1.

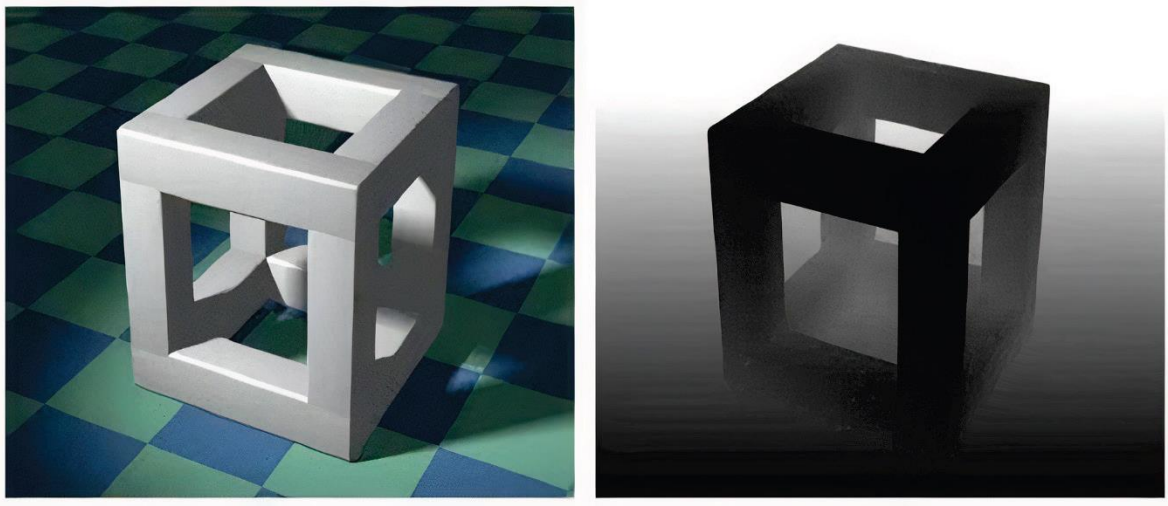


Рисунок 1 – Пример RGB-D изображения сцены. а) RGB изображение исходной сцены. б) Z-буфер исходной сцены

Как уже отмечалось ранее, ключевым фундаментом для построения достоверного виртуального аналога реального физического мира может служить его RGB-D изображение, объединяющее в себе как традиционную цветную информацию, так и данные о глубине сцены. Работа с RGB-D камерами и последующая обработка получаемых с их помощью данных для извлечения информации о реальном окружении активно использовались в самых разных прикладных областях. Исторически первой и наиболее массовой сферой внедрения этих технологий стала игровая индустрия, где RGB-D сенсоры, такие как Microsoft Kinect, позволили реализовать бесконтрольное управление персонажами через отслеживание движений тела без использования каких-либо дополнительных контроллеров [5-7].

Со временем RGB-D камеры нашли применение далеко за пределами развлечений: в робототехнике для навигации, в сельском хозяйстве для оценки урожая, в автономном вождении для распознавания препятствий и пешеходов, в системах видеонаблюдения и умных домах для распознавания действий человека, а также в архитектуре и дизайне для трёхмерной реконструкции сцен. Благодаря этому накоплен огромный практический опыт, который активно используется при создании виртуальных копий реальных объектов и окружений. Однако важно различать статические объекты, не меняющие форму и положение, и динамические — людей, животных, жесты, мимику. Несмотря на наличие обширных научных баз данных по динамическим сценам, построение корректных динамических моделей в реальном времени пока практически невозможно из-за высокой вычислительной сложности, необходимости предсказания движения и борьбы с шумами и размытием на быстро движущихся участках.

В рамках данного исследования мы сознательно ограничиваем область рассмотрения решениями, нацеленными исключительно на восстановление статических объектов сцены. Такое ограничение в ряде случаев является полностью оправданным, поскольку пользователь, погружаясь в виртуальный мир, часть которого адекватно и в реальном времени повторяет его реальное физическое окружение (стены, мебель, рабочий стол), перестаёт ощущать различие между этими двумя мирами. В результате пропадает один из главных источников когнитивного диссонанса: проблема конфликтов светового взаимодействия реальных и виртуальных объектов полностью устраняется, так как и те, и другие теперь существуют в едином виртуальном пространстве с общими правилами освещения, затенения и взаимного перекрытия [8], [9]. Важно признать, что при этом остаётся неустранённым конфликт вергенции-аккомодации – физиологическое рассогласование между фокусировкой хрусталика глаза и сведением зрительных осей, которое присуще всем без исключения системам, связанным с реалистичным стереоскопическим восприятием виртуальных объектов на фиксированной дисплейной плоскости. Однако устранение именно световых и пространственных конфликтов между мирами является существенным шагом вперёд, заметно повышающим комфорт и качество погружения.

Для построения достоверной виртуальной копии реального помещения недостаточно располагать лишь информацией о пространственной геометрии — то есть о форме, размерах и взаимном расположении стен, пола, потолка и находящихся внутри объектов. Критически важным дополнением выступают сведения об оптических характеристиках всех элементов физической сцены. К таким характеристикам относятся, в первую очередь, коэффициенты диффузного и зеркального отражения, показывающие, как поверхность перераспределяет падающий на неё свет; коэффи-

циенты пропускания, необходимые для корректной работы с полупрозрачными материалами вроде стекла или тканей; а также текстурные карты, обеспечивающие визуальное разнообразие и реалистичность каждой поверхности. Без учёта этих параметров даже геометрически точная модель будет выглядеть как безжизненный каркас, резко контрастирующий с реальным окружением.

С целью решения указанной задачи — одновременного захвата как геометрии, так и оптических свойств среды — был разработан следующий алгоритм, инициируемый с обработки исходного RGB-D изображения сцены. Алгоритм представляет собой последовательность из трёх основных этапов, каждый из которых поставляет свой тип данных для итоговой виртуальной реконструкции.

1. Получение цветного изображения окружающего пространства с помощью стандартной RGB-камеры. Данный шаг служит основой для последующего извлечения текстур: именно из этого изображения в дальнейшем выделяются цветовые и узорные характеристики поверхностей — рисунок обоев, цвет мебели, фактура ткани и прочие визуальные детали, необходимые для фотореалистичного рендеринга.

2. Получение Z-буфера (буфера глубины) при помощи RGB-D сенсоров, таких как структурированная подсветка или времяпролётные (ToF) камеры. Z-буфер [10-12] представляет собой двумерный массив, где каждому пикселю цветного изображения ставится в соответствие значение расстояния от камеры до соответствующей точки объекта. Эта информация принципиально отличается от текстуры, поскольку описывает не цвет, а пространственное положение каждой видимой точки сцены.

3. Построение облака точек на основе данных, извлечённых из Z-буфера, выполняется построение облака точек — множества трёхмерных координат (X, Y, Z) в системе отсчёта камеры, где каждая точка соответствует одному пикселю глубины. Визуальный пример полученного облака точек представлен в соответствии с рисунком 2. Облако точек является промежуточным представлением, которое в дальнейшем может быть преобразовано в полигональную сетку для использования в системах рендеринга реального времени. При этом необходимо сделать важное техническое замечание, касающееся расхождения в разрешении и качестве исходных данных. Разрешение и качество RGB-изображения и его D-аналога (карты глубины) [13-15] могут существенно отличаться друг от друга.

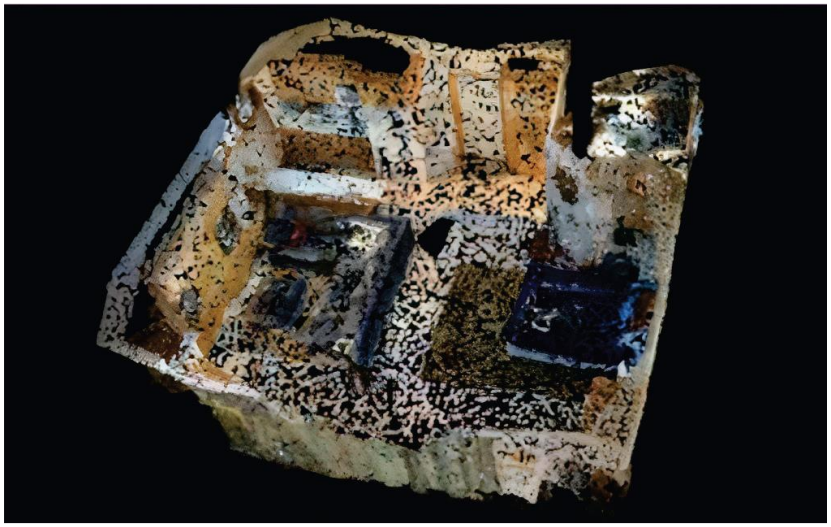


Рисунок 2 – Пример RGB облака точек помещения

4. Локализация объектов посредством построения ограничивающих прямоугольников на основе реконструированного облака точек. Данный подход обеспечивает идентификацию пространственных объектов, а также определение их координат и габаритных характеристик. Визуализация принципа построения ограничивающих контейнеров иллюстрируется в соответствии с рисунком 3.



Рисунок 3 – Пример обрамления объектов сцены ограничивающими прямоугольными параллелепипедами

5. Семантическая аннотация сцены: присвоение меток каждому выявленному объекту. Важно отметить, что элементы фонового окружения (плоскости пола, стен, потолка) также могут трактоваться как самостоятельные объекты. Следовательно, на этом этапе реализуется задача распознавания сущностей по их точечному представлению. Каждому объекту ставится в соответствие категория (например, «стол», «стул», «шкаф» и пр.).

6. Сегментация на уровне составных частей объекта. После локализации и классификации объекта осуществляется выделение его структурных компонентов (семантических сегментов). Так, для шкафа такими компонентами выступают фасад (дверца), внутренние полки и корпусная стенка; для стула — спинка, сиденье и опоры (ножки). Демонстрация результата сегментации на примере стула с тремя выделенными частями приведена в соответствии с рисунком 4.

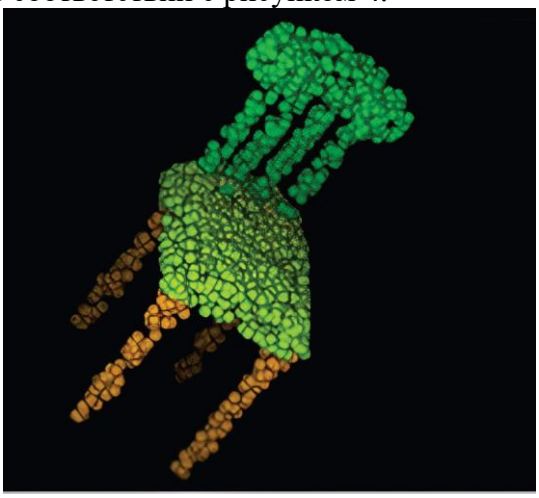


Рисунок 4 – Пример сегментации частей объекта: темно-зеленый цвет – спинка, светло- зелёный – сиденье, а коричневый – ножки стула

7. Формируется текстовая аннотация объектов сцены, обеспечивающая комплексное семантическое описание как самого объекта, так и его составных частей. Данное описание в дальнейшем применяется для поиска соответствующих CAD-моделей (Computer-aided design) в хранилище [16-18].

8. Найденная CAD-модель выступает в роли виртуального заместителя реального объекта окружения. Степень семантической близости между сгенерированным текстом и эталонными описаниями в базе определяет точность выбора модели. После извлечения модели из базы данных она позиционируется и масштабируется (выравнивается) относительно замещаемого физического объекта.

9. На подготовленную CAD-модель накладывается текстурное отображение, что придает виртуальному объекту фотореалистичность в контексте реальной среды.

10. В случае отсутствия в базе CAD-моделей подходящего аналога по текстовому запросу задействуется архитектура нейронной сети «Total3D understanding» [19]. Данное решение генерирует треугольную сетку (MGN – Mesh Generation Network) на основе предварительно выделенного и сегментированного объекта сцены [20].

Для верификации работоспособности разработанного алгоритма применялись относительно простые синтезированные сцены помещений. Генерация сцен осуществлялась в среде трехмерного моделирования Blender. На рисунке 5 показаны два представления: исходное изображение сцены, подаваемое на вход нейронной сети, а также карта глубин, визуализированная в псевдоцветах в формате Z-буфера. При этом удаленные от наблюдателя области кодируются синим цветом, тогда как близлежащие — красным.



Рисунок 5 – Исходное изображение сцены и ее Z-буферное представление

Следует подчеркнуть, что основная цель настоящего исследования заключается в реконструкции сцены, обеспечивающей пользователю максимально комфортное нахождение внутри виртуальной копии физического помещения. При этом полная идентичность реальной и виртуальной сред не является обязательным условием. Синтезируемая виртуальная модель должна предоставлять человеку возможность свободного перемещения и пространственной ориентировки, а также обеспечивать естественную интеграцию виртуальных объектов в гибридную виртуально-реальную среду.

Далее реализуется обработка RGB-D изображения сцены. На первом шаге выполняется построение RGB-окрашенного облака точек. На рисунке 6 приведены результаты формирования такого облака для различных положений камеры. При этом участки на исходном изображении, окрашенные в синий цвет и визуально воспринимаемые как тени, соответствуют областям пространства, геометрия которых не была восстановлена в облаке точек.

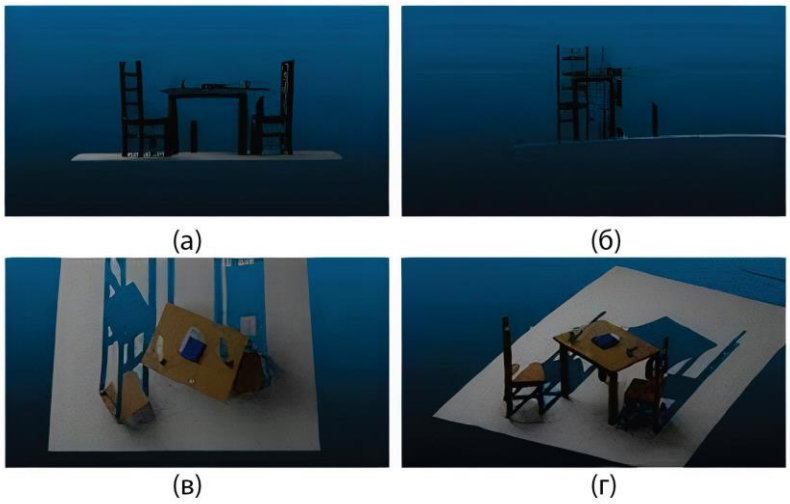


Рисунок 6 – Облако точек, созданное из исходной сцены с различных ракурсов. (а) спереди, (б) справа), (в) сверху, (г) произвольное положение

После выполнения процедуры сегментации и аннотирования объектов интерьера было выделено 6 независимых объектов: два стула, стол, две чашки и книга. Полученные сегментированные объекты и их граничные объемы представлены в соответствии с рисунком 7.

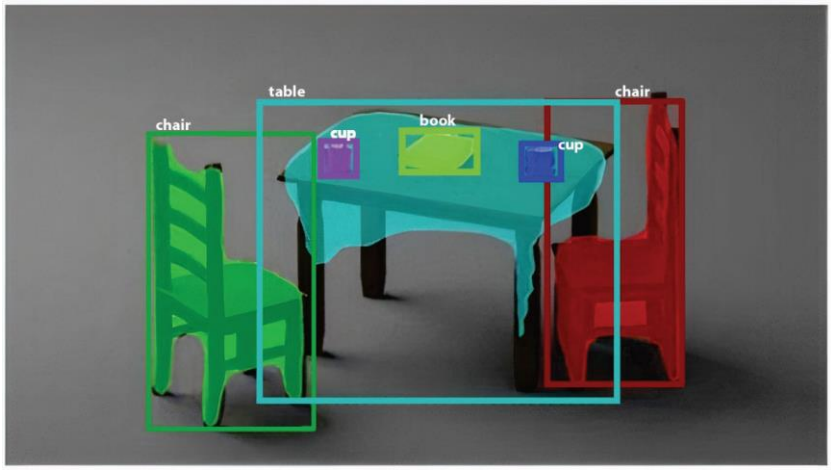


Рисунок 7 – Пример выделения в прямоугольники объектов сцены. Цифры означают вероятность соотнесения данного объекта к классу

Поскольку мы не располагали аннотированной базой данных CAD объектов, то восстановление геометрии происходило с использованием нейронной сети «Total3D understanding», которая позволила построить треугольную сетку по выделенным и сегментированным объектам сцены. На рисунке 8 можно увидеть и сравнить изображения исходного стола и его реконструированной модели. Изображения представлены для ряда одинаковых ракурсов.

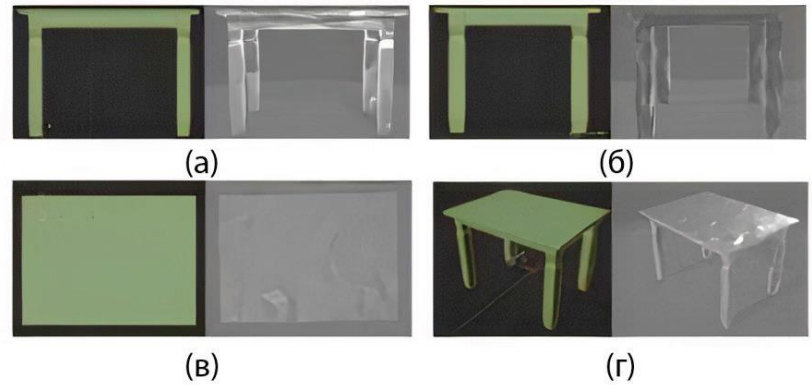


Рисунок 8 – Сравнение исходного стола (слева) и восстановленного (справа) с различных ракурсов. (а) спереди, (б) справа), (в) сверху, (г) произвольное положение

Поскольку приоритетом исследования не является достижение высокой геометрической точности воспроизведения реальных объектов (ключевая задача — формирование модели, достаточной для корректной пространственной ориентации человека и обеспечения «естественности» ее визуального восприятия), количественная оценка качества восстановленной геометрии и текстур теряет практическую целесообразность.

Заключение

По итогам проведенного исследования была спроектирована и программно реализована система, предназначенная для реконструкции трехмерной модели реального помещения. Входными данными для системы служат RGB-изображение сцены и соответствующая ему карта глубин, на основе которых формируется цветное облако точек (RGB-окрашенное точечное облако). Именно это облако выступает в качестве базового представления, на котором строится дальнейшая обработка.

Целевая установка данной работы заключалась не в достижении предельной геометрической точности восстановления, а в обеспечении максимального визуального и навигационного комфорта для человека, находящегося внутри виртуальной копии реального помещения. Такой подход предполагает, что субъективное восприятие реконструированной сцены является более значимым, чем строгие численные метрики ошибки.

В связи с этим для эмпирической оценки качества предложенного метода реконструкции был выбран не количественный, а экспертный метод — а именно, анкетирование целевой аудитории. Участникам опроса предъявлялись визуальные результаты работы системы, после чего они оценивали их по заданным критериям.

Полученные в ходе опроса данные показали, что качество реконструкции в целом оценивается как удовлетворительное. Респонденты отметили достаточную степень естественности зрительного восприятия виртуальных сцен и приемлемый уровень визуального сходства между восстановленными объектами и их реальными прототипами.

Таким образом, результаты работы подтверждают, что предложенный подход позволяет успешно строить виртуальные аналоги объектов реальной обстановки. Это, в свою очередь, открывает возможность создания систем смешанной реальности (mixed reality), в которых пользователь не испытывает дискомфорта, вызванного неестественностью или неточностью визуализации окружения.

Список источников

1. Medvedeva, I. A. Automated complex development project based on computer vision technology / I. A. Medvedeva, M. V. Vanslav, M. A. Ragozina // Natural and Technical Sciences. 2022. No. 7(170). P. 177-178.
2. Rice Fungal Diseases Recognition Using Modern Computer Vision Techniques / I. V. Arinichev, S. V. Polyanskikh, G. V. Volkova, I. V. Arinicheva // International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. 2021. Vol. 21, No. 1. P. 1-11. DOI 10.5391/IJFIS.2021.21.1.1.
3. Евстраткин, К. С. OPENCV: варианты использования компьютерного зрения / К. С. Евстраткин, А. Р. Султанова, А. В. Ерпелев // Цифровые технологии: наука, образование, инновации: Материалы III Международного научного Форума профессорско-преподавательского состава и молодых ученых, Москва, 09 ноября 2020 года / Под редакцией А.В. Олейник, А.А. Зеленского. Москва: Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», 2021. С. 28-31.
4. Veselyev, I. A. Automation of quality control processes in industry using computer vision / I. A. Veselyev // Theory and practice of modern science: the view of youth : Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference in English. In 2 parts, Saint Petersburg, 30 ноября 2024 года. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 2025. P. 172-176.
5. Istomin, E. M. Construction of houses drawings using computer vision / E. M. Istomin, V. V. Malyshkin, M. M. Mevlidinov // The world of science without borders : Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Tambov, 02 апреля 2025 года. Tambov: Tambov State Technical University, 2025. P. 251-253.
6. Usov, E. G. Mask detection with Computer vision / E. G. Usov, W. Dong // Current Trends in Multidisciplinary Research : Materials of IV International Student Scientific and Practical Conference, Irkutsk, 25 апреля 2024 года. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2024. P. 95-99.
7. Grutsyn, I. S. Solving the problem of user validation using computer visiontechnology / I. S. Grutsyn. – 25–26 апреля 2024 года, 2024. – P. 201-204.
8. Iliashenko, O. Yu. Possibilities of using computer vision for data analytics in medicine / O. Yu. Iliashenko, E. L. Lukyanchenko // Izvestiya of Saratov University. Mathematics. Mechanics. Informatics. 2022. Vol. 22, No. 2. P. 224-232. DOI 10.18500/1816-9791-2022-22-2-224-232.
9. Gayfulin, D. G. Computer vision technologies used in autonomous cars / D. G. Gayfulin, K. A. Popov // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. 2023. No. 22. P. 167-169.
10. Buryak, D. V. Integration of computer vision into cyber-physical production control systems / D. V. Buryak, D. R. Konovalov // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. 2025. No. 24. P. 188-190.
11. Xinyue, L. The application of computer vision technology in the digital economy / L. Xinyue. – 12 мая 2023 года, 2023. – P. 742-746.
12. Kadan, A. M. Emotion Recognition and audience attention control using computer vision / A. M. Kadan, D. S. Sanko. 17–19 сентября 2024 года, 2024. P. 324-327.
13. Belous, K. P. Integration of cloud computer vision services into cyber-physical platforms / K. P. Belous, N. A. Fibikh // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. 2025. No. 24. P. 179-181.
14. Разработка нейронной сети для системы поддержания работоспособности водителя на основе компьютерного зрения / У. Ф. Быканова, А. Р. Асоян, И. А. Сметанин, Е. А. Сметанин // Наноиндустрия. 2025. Т. 18, № S11-3(135). С. 988-991. DOI 10.22184/1993-8578.2025.18.11s.988.991.
15. Бутов О. А. Интеллектуальная система управления термоупрочнением арматуры на базе цифрового двойника / О. А. Бутов, В. С. Солод, А. А. Никитина // Проблемы искусственного интеллекта. 2026. № 1 (40). С. 137–149. DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-137-149.
16. Луйкин В. И. Распознавание стволов деревьев с использованием четырех моделей машинного обучения / В. И. Луйкин, Д. В. Лобов, Д. В. Логинов // Проблемы искусственного интеллекта. 2026. № 1 (40). С. 50–62. DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-50-62.
17. Морев К. И. Универсальный генератор признаков для решения задач компьютерного зрения / К. И. Морев // Проблемы искусственного интеллекта. 2026. № 1 (40). С. 75–88. DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-75-88.
18. Решетников К. И. Исследование подходов компьютерного зрения для обнаружения объектов в задачах фрагментации обломков горных пород / К. И. Решетников, М. С. Глухов, М. В. Ронкин // Проблемы искусственного интеллекта. 2026. № 1 (40). С. 202–214. DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-202-214.

19. Чжан Ю. Классификация текстовых эмоций на основе модели BERT / Ю. Чжан // Проблемы искусственного интеллекта. 2026. № 1 (40). С. 102–111. DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-102-111.
20. Эль Хамзауи О. Интеграция методов искусственного интеллекта и машинного обучения для выявления расстройств аутистического спектра: обзор современного состояния с использованием решений для мультимодальной обработки данных / Эль Хамзауи О., Э. В. Патраков, В. И. Борисов // Проблемы искусственного интеллекта. 2026. № 1 (40). С. 113–123. DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-113-123

References

1. Medvedeva, I. A. Automated complex development project based on computer vision technology / I. A. Medvedeva, M. V. Vanslav, M. A. Ragozina // Natural and Technical Sciences. – 2022. – No. 7 (170). – P. 177-178.
2. Rice Fungal Diseases Recognition Using Modern Computer Vision Techniques / I. V. Arinichev, S. V. Polyanskikh, G. V. Volkova, I. V. Arinicheva // International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems. – 2021. – Vol. 21, No. 1. – P. 1-11. – DOI 10.5391/IJFIS.2021.21.1.1.
3. Evstratkin, K. S. OPENCV: computer vision use cases / K. S. Evstratkin, A. R. Sultanova, A.V. Erpelev // Digital technologies: science, education, innovation : Proceedings of the III International Scientific Forum of Faculty and Young Scientists, Moscow, November 09, 2020 / Edited by A.V. Oleinik, A.A. Zelensky. – Moscow: Moscow State Technological University «STANKIN», 2021. – Pp. 28-31.
4. Veselyev, I. A. Automation of quality control processes in industry using computer vision / I. A. Veselyev // Theory and practice of modern science: the view of youth : Proceedings of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference in English. In 2 parts, Saint Petersburg, November 30, 2024. – Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 2025. – P. 172-176.
5. Istomin, E. M. Construction of houses drawings using computer vision / E. M. Istomin, V. V. Malyshkin, M. M. Mevlidinov // The world of science without borders : Proceedings of the 12th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Tambov, April 02, 2025. – Tambov: Tambov State Technical University, 2025. – P. 251-253.
6. Usov, E. G. Mask detection with Computer vision / E. G. Usov, W. Dong // Current Trends in Multidisciplinary Research : Materials of the IV International Student Scientific and Practical Conference, Irkutsk, April 25, 2024. – Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University, 2024. – P. 95-99.
7. Grutsyn, I. S. Solving the problem of user validation using computer visiontechnology / I. S. Grutsyn. – April 25-26, 2024, 2024. – P. 201-204.
8. Iliashenko, O. Yu. Possibilities of using computer vision for data analytics in medicine / O. Yu. Iliashenko, E. L. Lukyanchenko // Izvestiya of Saratov University. Mathematics. Mechanics. Informatics. – 2022. – Vol. 22, No. 2. – P. 224-232. – DOI 10.18500/1816-9791-2022-22-224-232.
9. Gayfulin, D. G. Computer vision technologies used in autonomous cars / D. G. Gayfulin, K. A. Popov // Youth. Society. Modern science, technology and innovation. – 2023. – No. 22. – P. 167-169.
10. Buryak, D. V. Integration of computer vision into cyber-physical production control systems / D. V. Buryak, D. R. Konovalov // Youth. Society. Modern science, technology and innovation. – 2025. – No. 24. – P. 188-190.
11. Xinyue, L. The application of computer vision technology in the digital economy / L. Xinyue. – May 12, 2023, 2023. – P. 742-746.
12. Kadan, A.M. Emotion Recognition and audience attention control using computer vision / A.M. Kadan, D. S. Sanko. – September 17-19, 2024, 2024. – P. 324-327.
13. Belous, K. P. Integration of cloud computer vision services into cyber-physical platforms / K. P. Belous, N. A. Fibikh // Youth. Society. Modern science, technology and innovation. – 2025. – No. 24. – P. 179-181.
14. Development of a neural network for a driver performance support system based on computer vision / U. F. Bykanova, A. R. Asoyan, I. A. Smetanin, E. A. Smetanin // Nanoindustria. – 2025. – Vol. 18, No. S11-3(135). – Pp. 988-991. – DOI 10.22184/1993-8578.2025.18.11s.988.991.
15. Butov O. A. Intelligent control system for heat-hardening reinforcement based on a digital twin / O. A. Butov V. S. Solod, A. A. Nikitina // Problems of Artificial Intelligence. – 2026. – No. 1 (40). – Pp. 137–149. – DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-137-149.
16. Luikin V. I. Tree trunk recognition using four machine learning models / V. I. Luikin, D. V. Lobov, D. V. Loginov // Problems of Artificial Intelligence. – 2026. – No. 1 (40). – Pp. 50–62. – DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-50-62.

17. Morev K. I. Universal feature generator for solving computer vision tasks / K. I. Morev // Problems of Artificial Intelligence. – 2026. – No. 1 (40). – Pp. 75–88. – DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-75-88.
18. Reshetnikov K. I. Research into computer vision approaches for object detection in the tasks of fragmenting rock debris / K. I. Reshetnikov, M. S. Glukhov, M. V. Ronkin // Problems of Artificial Intelligence. – 2026. – No. 1 (40). – Pp. 202–214. – DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-202-214.
19. Zhang Y. Text Emotion Classification Based on the BERT Model / Y. Zhang // Problems of Artificial Intelligence. – 2026. – No. 1 (40). – Pp. 102–111. – DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-102-111.
20. El Hamzaoui O. Integration of artificial intelligence and machine learning methods for detecting autism spectrum disorders: a review of the current state of the art using solutions for multimodal data processing / El Hamzaoui O., E. V. Patrakov, V. I. Borisov // Problems of Artificial Intelligence. – 2026. – No. 1 (40). – Pp. 113–123. – DOI: 10.24412/2413-7383-2026-1-40-113-123.

RESUME

A.I. Sorokin, A.I. Puris, A.Y. Dovgan

Localization and three-dimensional reconstruction of a limited space using computer vision methods with rgb-d cameras

The article solves the problem of precise positioning of mobile robots with limited computing resources. The goal is to develop a technology for determining the coordinates of space using RGB-D cameras.

A DARP method is proposed that compensates for distortions using depth data. A comparative analysis of algorithms (SIFT, SURF, ORB) is carried out. The quality was assessed by an expert survey.

The choice of ORB as optimal in terms of accuracy and performance is justified. A 3D scene reconstruction system has been developed: point cloud, segmentation, semantic annotation, replacement of objects with CAD models, or grid generation through Total3D understanding. The quality is considered sufficient for spatial orientation.

The approach eliminates light conflicts in mixed reality. The integration of DARP and ORB into SLAM algorithms for correcting visual odometry is recommended, which makes it possible to create energy-efficient real-time robotic complexes.

РЕЗЮМЕ

А.И. Сорокин, А.И. Пурис, А.Ю. Довгань

Локализация и трёхмерная реконструкция ограниченного пространства методами компьютерного зрения с rgb-d камерами

Статья решает проблему точного позиционирования мобильных роботов при ограниченных вычислительных ресурсах. Цель — разработка технологии определения координат пространства с помощью RGB-D камер.

Предложен метод DARP, компенсирующий искажения с помощью данных глубины. Проведён сравнительный анализ алгоритмов (SIFT, SURF, ORB). Качество оценено экспертным анкетированием.

Обоснован выбор ORB как оптимального по точности и производительности. Разработана система реконструкции 3D-сцен: облако точек, сегментация, семантическая аннотация, замена объектов CAD-моделями или генерация сетки через Total3D understanding. Качество признано достаточным для пространственной ориентации.

Подход устраняет световые конфликты в смешанной реальности. Рекомендована интеграция DARP и ORB в SLAM-алгоритмы для коррекции визуальной одометрии, что позволяет создавать энергоэффективные робототехнические комплексы реального времени.

Сорокин Александр Игоревич – младший научный сотрудник отдела автоматизации горных машин, Государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по автоматизации горных машин «Автоматгормаш им. В.А. Антипова», г. Донецк. *Область научных интересов:* геоинформатика, геоинформационные системы, пространственное сканирование, базы пространственных данных, эл. почта sorokin.ai@science.gov-dpr.ru, адрес 283003, г. Донецк, пр. Ильича, дом 93, телефон +7949 370-10-84. ORCID 0009-0006-3779-3173.
Пурис Александр Иванович – заведующий отделом автоматизации горных машин, Государственное бюджетное учреждение «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по автоматизации горных машин «Автоматгормаш им. В.А. Антипова», г. Донецк. *Область научных интересов:* системы управления, автоматизированные информационные системы, эл. почта oagm308@mail.ru, адрес 283003, г. Донецк, пр. Ильича, дом 93, телефон +7949 518-60-38. ORCID 0009-0000-3982-2704.
Довгань Александр Юрьевич – кандидат технических наук, директор государственного бюджетного учреждения «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по автоматизации горных машин «Автоматгормаш имени В.А. Антипова», г. Донецк. *Область научных интересов:* системы управления, автоматизированные информационные системы, системы позиционирования техники в ограниченном пространстве, эл. почта agm_osu@mail.ru, адрес 283003, г. Донецк, пр. Ильича, дом 93, телефон +7949 320-56-13. ORCID 0000-0001-7154-4513.

Sorokin Alexander Igorevich – junior researcher at the Mining Machinery Automation Department, State Budgetary Institution Scientific Research and Design Institute for Mining Machinery Automation named after V.A. Antipov Automatgormash, Donetsk. Research interests: geoinformatics, geoinformation systems, spatial scanning, spatial databases, e-mail sorokin.ai@science.gov-dpr.ru, address: 93 Ilyich Ave., Donetsk, 283003, phone: +7949 370-10-84. ORCID 0009-0006-3779-3173.
Puris Alexander Ivanovich – Head of the Department of Automation of Mining Machines, State Budgetary Institution “Research and Design Institute for Automation of Mining Machines “Avtomatgormash named after V.A. Antipov”, Donetsk. Area of scientific interests: control systems, automated information systems, e-mail oagm308@mail.ru, address 283003, Donetsk, Ilyicha Avenue, 93, phone +7949 518-60-38. ORCID 0009-0000-3982-2704.
Dovgan Alexander Yurievich – Candidate of Technical Sciences, Director of the State Budgetary Institution Research and Design Institute for Automation of Mining Machines named after V.A. Antipov, Donetsk. Research interests: control systems, automated information systems, positioning systems for equipment in confined spaces, email: agm_osu@mail.ru, address: 283003, Donetsk, Prospekt Ilyicha, 93, phone: +7949 320-56-13. ORCID 0000-0001-7154-4513.

Статья поступила в редакцию 27.03.2026;
одобрена после рецензирования 30.06.2026; принята к публикации 02.09.2026
The article was submitted 27.03.2026; approved after reviewing 30.06.2026;
accepted for publication 02.09.2026.