

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Бавбель Е.И.¹, Алексеев В.Ф.²

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Минск, Беларусь. egorigorevichw9@gmail.com

² Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Минск, Беларусь. alexvikt.minsk@gmail.com

The article is dedicated to exploring the possibilities of using computer vision in unmanned aerial vehicle (UAV) systems. It describes the fundamental concepts associated with computer vision and its significance in modern technologies. The application of UAV's in agriculture, construction, environmental monitoring, and search-and-rescue operations is examined. Key technological aspects are analyzed, such as sensors, data processing algorithms, and computational resources necessary for the effective implementation of computer vision systems. The main problems and challenges faced by developers are discussed, including technical limitations, operating conditions, and legal aspects. The potential for further development of technologies that integrate computer vision and UAV's is emphasized, opening new horizons for the automation and optimization of various processes across different industries.

Введение

В последние годы интеграция технологий компьютерного зрения с беспилотными летательными аппаратами, обычно называемыми дронами, произвела революцию во многих отраслях. Дроны, оснащенные передовыми датчиками изображений и интеллектуальными алгоритмами, могут анализировать и интерпретировать визуальные данные в режиме реального времени, предоставляя возможности, которые когда-то были предметом научной фантастики. Такое сближение технологий не только повышает эффективность работы, но и открывает новые возможности для исследований, мониторинга и автоматизации в таких секторах, как сельское хозяйство, строительство, охрана окружающей среды и реагирование на чрезвычайные ситуации. В статье рассматриваются принципы компьютерного зрения применительно к БПЛА и обсуждаются их технологические основы реализации.

Основы компьютерного зрения

Компьютерное зрение – это область искусственного интеллекта, которая включает обучение машин интерпретировать и понимать визуальную информацию из окружающего мира. Обработывая изображения, полученные с помощью камер, системы, использующие компьютерное зрение, могут выполнять различные задачи, которые ранее зависели от зрительного восприятия человека. Основные цели компьютерного зрения включают обнаружение и

распознавание объектов, сегментацию изображений, отслеживание движения и трехмерную реконструкцию [1–3].

Компьютерное зрение представляет собой область компьютерной науки, которая нацелена на создание алгоритмов и систем, позволяющих компьютерам «видеть» и интерпретировать визуальную информацию из окружающего мира [4]. Основные задачи компьютерного зрения включают: обнаружение объектов; распознавание лиц; сегментация изображений; определение движения; 3D-реконструкция.

Для реализации этих возможностей алгоритмы компьютерного зрения опираются на машинное обучение, в частности, на модели глубокого обучения, такие как сверточные нейронные сети (*CNN*). Эти сети можно обучать на огромных наборах данных для распознавания шаблонов, классификации изображений и составления прогнозов относительно визуального контента. Достижения в области аппаратных технологий и доступность больших маркированных наборов данных значительно улучшили производительность и применимость этих алгоритмов.

Применение компьютерного зрения в БПЛА

Эффективность компьютерного зрения в приложениях БПЛА зависит от нескольких критических компонентов. Набор датчиков обычно включает в себя камеры высокого разрешения, многоспектральные датчики, тепловизионные камеры и иногда системы *LiDAR*. Эти датчики собирают множество данных, которые могут обрабатываться на борту БПЛА в режиме реального времени или передаваться на наземные системы для дальнейшего анализа [1–9].

Встроенная вычислительная мощность различается в зависимости от дронов, некоторые из них оснащены мощными графическими процессорами, способными быстро обрабатывать сложные вычислительные задачи. Такая обработка в реальном времени необходима для приложений, требующих немедленного принятия решений, таких как предотвращение столкновений или автономная навигация в динамических средах. Помимо оборудования для обработки, архитектура программного обеспечения должна быть надежной, включающей библиотеки и фреймворки компьютерного зрения, которые поддерживают выполнение алгоритмов.

Системы связи играют решающую роль в обеспечении передачи данных. БПЛА часто используют радиочастоты или сотовые сети для отправки изображений и аналитических результатов операторам. Такая связь позволяет осуществлять мониторинг в реальном времени и дистанционное управление, повышая полезность дронов в различных приложениях.

Различные автономные навигационные фреймворки на основе компьютерного зрения (*CV*) все чаще исследуются и пересматриваются в последние несколько лет.

В целом, навигационные модели *CV* обучаются с использованием подхода трансферного обучения, когда обучение проводится в виртуальной 3D-среде, которая имитирует условия эксплуатации БПЛА, а затем полученные знания

переносятся на физическую машину. Кроме того, БПЛА имеют ограниченные ресурсы на борту, чтобы оставаться в воздухе, поэтому они не могут выдерживать длительное надежное обучение и тестирование.

В подходе навигации на основе зрения информация, предоставленная камерами, используется в качестве входных данных и обрабатывается через обученный конвейер CV. Наконец, конвейер CV выводит действие, которое определяет направление движения БПЛА, тягу двигателя и т.д. для выполнения задачи. Пример реализации приложения CV в БПЛА организованы в четыре категории, как показано на рисунке 1 [5].

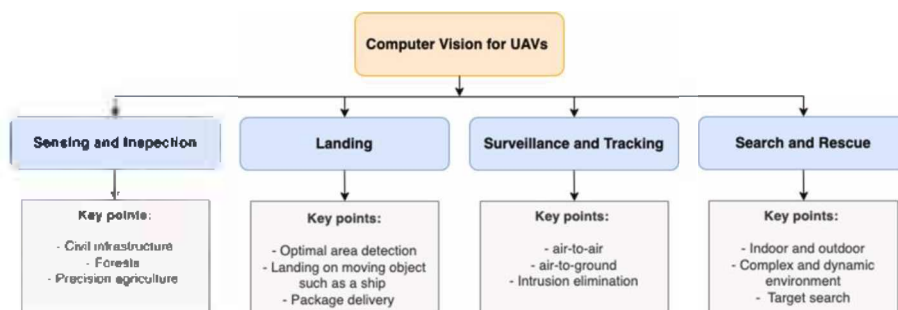


Рисунок 1 – Компьютерного зрения для систем БПЛА

Применение компьютерного зрения в БПЛА

Универсальность БПЛА, оснащенных технологиями компьютерного зрения, привела к их внедрению во многих областях. В сельском хозяйстве мониторинг с помощью дронов позволяет проводить точную оценку здоровья сельскохозяйственных культур, используя многоспектральные изображения для выявления таких проблем, как дефицит питательных веществ, заражение вредителями и вспышки заболеваний. Предоставляя фермерам подробную информацию, эти дроны облегчают своевременное вмешательство, оптимизирующее урожайность и использование ресурсов [3].

В строительной отрасли БПЛА все чаще используются для мониторинга проектов. Компьютерное зрение позволяет проводить автоматизированный осмотр строительных площадок, обнаруживая аномалии и обеспечивая соблюдение стандартов безопасности. Данные в реальном времени, полученные с помощью аэрофотосъемки, помогают отслеживать ход выполнения работ и могут служить источником информации для принятия решений, сокращая задержки и повышая общую эффективность проекта [7].

Усилия по охране окружающей среды также выиграли от внедрения технологии беспилотных летательных аппаратов. Компьютерное зрение помогает в картографировании среды обитания, мониторинге дикой природы и даже выявлении незаконной деятельности, такой как браконьерство. Предоставляя исследователям и защитникам природы аэроснимки,

беспилотники помогают отслеживать изменения в экосистемах и оценивать влияние экологической политики.

В сценариях реагирования на чрезвычайные ситуации, таких как поисково-спасательные операции, возможности беспилотных летательных аппаратов в сочетании с компьютерным зрением могут спасти жизни. Беспилотники, оснащенные тепловыми датчиками, могут быстро сканировать большие площади на предмет тепловых сигнатур, идентифицировать людей, терпящих бедствие, или находить пропавших без вести. Возможность быстрого охвата обширных территорий в сочетании с обработкой данных в реальном времени значительно повышает ситуационную осведомленность для спасателей.

Проблемы и будущие направления

Несмотря на многообещающий потенциал компьютерного зрения в приложениях БПЛА, необходимо решить несколько проблем. Одним из существенных препятствий являются технические ограничения, накладываемые возможностями датчиков. Факторы окружающей среды, такие как условия освещения, погода и препятствия, могут влиять на качество полученных изображений, влияя на точность алгоритмов компьютерного зрения. Исследователи постоянно изучают способы повышения надежности и устойчивости с помощью инновационных сенсорных технологий и алгоритмических усовершенствований.

Другая проблема вытекает из правовых и этических соображений, связанных с конфиденциальностью и безопасностью данных. Использование беспилотников для мониторинга может вызвать опасения по поводу несанкционированного наблюдения и сбора данных. Установление баланса между технологическим прогрессом и защитой конфиденциальности остается важнейшей областью обсуждения среди политиков, регулирующих органов и лидеров отрасли [8].

Кроме того, качество обучающих данных существенно влияет на производительность систем компьютерного зрения. Высококачественные, маркированные наборы данных необходимы для эффективного обучения моделей, однако сбор таких данных может быть трудоемким и дорогостоящим. По мере расширения использования дронов возникает острая необходимость в комплексных наборах данных, представляющих разнообразные среды, условия и сценарии, для улучшения обобщения алгоритмов.

Можно утверждать, что интеграция искусственного интеллекта с компьютерным зрением в БПЛА продолжит развиваться. Сотрудничество между академическими кругами, промышленностью и правительственными организациями будет стимулировать инновации, что приведет к более сложным приложениям. Ожидается, что появление периферийных вычислений расширит возможности дронов, позволяя выполнять обработку в реальном времени непосредственно на устройстве, одновременно сокращая задержку и зависимость от постоянного подключения.

Заключение

Компьютерное зрение при интеграции с беспилотными летательными аппаратами расширяет возможности, которые ранее считались недостижимыми. Несмотря на существующие проблемы, достижения в области сенсорных технологий, разработки алгоритмов и нормативно-правовой базы продолжают работы по более эффективному и ответственному использованию БПЛА. По мере развития исследований будущее таит в себе огромный потенциал для дальнейших инноваций в этой динамичной области, обещая изменить ландшафт воздушных операций и автоматизированного анализа. Благодаря сотрудничеству и ответственному управлению синергия между компьютерным зрением и БПЛА, несомненно, продолжит развиваться, открывая новые возможности для эффективности, безопасности и понимания во множестве секторов [1–10].

Список использованных источников

1. Алексеев, В. Ф. Автономная посадка БПЛА с использованием визуального сервоуправления = Autonomous UAV landing using visual servo control / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники : редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 472–479.
2. Алексеев, В. Ф. Оценка облаков точек БПЛА с помощью искусственного интеллекта = Assessment of UAV point clouds using artificial intelligence / В. Ф. Алексеев, Е. И. Бавбель // BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции, Минск, 13 марта 2024 г. : в 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники : редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2024. – С. 12–18.
3. Бавбель, Е. И. Основные задачи при исследовании методов и средств проектирования беспилотных летательных аппаратов / Е. И. Бавбель, А. А. Бородич, Е. В. Коляда // Новые информационные технологии в научных исследованиях «НИТ-2023» : материалы XXVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, Рязань, 22–24 ноября, 2023 г. : в 2 т. Т. 2 / Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина. – Рязань, 2023. – С. 57–59.
4. Kam, A. Artificial intelligence in computer vision. Int. J. Eng. Appl. Sci. Technol. 2021.6, 249–254.
5. Aditya Vardhan Reddy Katkuri, Hakka Madan, Narendra Khatri, Antar Shaddad Hamed Abdul-Qawy, K. Sridhar Patnaik, Autonomous UAV navigation using deep learning-based computer vision frameworks: A systematic literature review. Array, Volume 23, 2024, 100361, ISSN 2590-0056.

6. Abderahman Rejeb, Alireza Abdollahi, Karim Rejeb, Horst Treiblmaier, Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 198, 2022, 107017, ISSN 0168-1699.

7. Suman Paneru, Idris Jeelani, Computer vision applications in construction: Current state, opportunities & challenges, *Automation in Construction*, Volume 132, 2021, 103940, ISSN 0926-5805.

8. Sindiramutty, Siva Raja & Tan, Chong & Goh, Wei Wei. (2024). Eyes in the Sky: Privacy and Ethical Considerations in Drone Cybersecurity. 10.4018/979-8-3693-0774-8.ch017.

9. Бавбель, Е. И. Особенности применения беспилотных летательных аппаратов в обеспечении безопасности дорожного движения = Features of use of unmanned aerial vehicles in ensuring road safety / Бавбель Е. И. // *Электронные системы и технологии : сборник материалов 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР*, Минск, 17–21 апреля 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники : редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2023. – С. 61–63.

10. Анискевич, А. С. Проблемы проведения аэрофотосъемки с применением БПЛА = Problems of conducting aerial photography using UAV / А. С. Анискевич, Е. И. Бавбель // *Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР*, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники : редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 664–666.