

DOI: 10.15514/ISPRAS-2025-37(4)-11



Локализация целей в реальном времени на БПЛА с лазерным дальномером на подвесе

*В.Р. Саакян, ORCID:0000-0002-7552-4904 <vardan.sahakyan@student.rau.am>
В.Г. Мелконян, ORCID:0000-0002-3584-1294 <vahagn.melkonyan@student.rau.am>
С. Саргсян, ORCID: 0000-0002-8831-4965 <sevak.sargsyan@rau.am>*

*Российско-Армянский университет,
123, ул. Овсена Эмина, Ереван, 0051, Армения.*

Аннотация. В статье представлена новая система трехмерной локализации в реальном времени на базе БПЛА, которая сочетает монокулярную камеру, лазерный дальномер на стабилизирующем подвесе и бортовые алгоритмы компьютерного зрения. В отличие от предыдущих подходов, основанных на допущениях, таких как известный размер объекта или плоский рельеф местности, и часто проверяемых только в симуляции, наш метод обеспечивает точную локализацию целей без предварительных знаний об окружающей среде. Система осуществляет слежение и локализацию полностью на борту дрона за счёт активного слияния данных от датчиков и управления подвесом. Разработанный нами метод реализован в универсальном программном обеспечении и протестирован в полевых условиях, где продемонстрировал высокую точность и устойчивость.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА); локализация объектов; монокулярная камера; лазерный дальномер; слияние датчиков; управление подвеской.

Для цитирования: Саакян В.Р., Мелконян В.Г., Саргсян С.С. Локализация целей в реальном времени на БПЛА с лазерным дальномером на подвесе. Труды ИСП РАН, том 37, вып. 4, часть 1, 2025 г., стр. 189–198. DOI: 10.15514/ISPRAS-2025-37(4)-11.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке Комитета по науке Республики Армения (исследовательский проект № 23AA-1B007).

Real-Time Target Localization Using Gimbaled Laser on UAVs

V. Sahakyan, ORCID: 0000-0002-7552-4904 <vardan.sahakyan@student.rau.am>
V. Melkonyan, ORCID: 0000-0002-3584-1294 <vahagn.melkonyan@student.rau.am>
S. Sargsyan, ORCID: 0000-0002-8831-4965 <sevak.sargsyan@rau.am>

*Russian-Armenian University,
123, Hovsep Emin st., Yerevan, 0051, Armenia.*

Abstract. This paper presents a novel UAV-based system for real-time 3D-object localization that integrates a monocular camera, a gimbaled laser rangefinder, and an onboard computer vision. Unlike prior methods that rely on assumptions such as known object size, flat terrain, or simulation-only validation, our approach enables accurate localization of targets without requiring prior knowledge of the environment. The system performs real-time tracking and localization entirely onboard the drone through active sensor fusion and gimbal control. We implemented the method in a universal software framework and validated it through field experiments, demonstrating its accuracy and robustness in real-world conditions.

Keywords: UAV; object localization; real-time tracking; monocular camera; laser rangefinder; sensor fusion; gimbal control.

For citation: Sahakyan V.R., Melkonyan V.G., Sargsyan S.S. Real-Time Target Localization Using Gimbaled Laser on UAVs. *Trudy ISP RAN/Proc. ISP RAS*, vol. 37, issue 4, part 1, 2025, pp. 189-198 (in Russian). DOI: 10.15514/ISPRAS-2025-37(4)-11.

Acknowledgements. This work was supported by the Science Committee of RA (Research project № 23AA-1B007).

1. Введение

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали ключевой технологической платформой, применяемой в таких областях, как инспекция инфраструктуры, точное земледелие, мониторинг окружающей среды и поисково-спасательные операции (ПСО). Их способность работать на разной высоте, ориентироваться в сложных условиях и собирать визуальные данные высокого разрешения делает их подходящими для задач, требующих ситуационной осведомленности и оперативного реагирования. Одним из наиболее ценных возможностей в этих сценариях является локализация объектов в реальном времени - способность обнаруживать, отслеживать и точно определять трехмерное положение наземных объектов.

Точная локализация объектов с помощью БПЛА необходима для выполнения таких задач, как мониторинг оборудования на удаленных инфраструктурных объектах, отслеживание диких животных или людей в рамках ПСО и управление сельскохозяйственными процессами. В этих сценариях простого визуального обнаружения или отслеживания объекта недостаточно: система должна также оценить координаты объекта относительно глобальной или локальной системы отсчета, чтобы запустить соответствующие последующие действия.

Несмотря на прогресс в методах оценки глубины и локализации на основе компьютерного зрения, большинство существующих подходов опираются на ограничительные предположения - такие как известный размер объектов, плоский рельеф, статичность целей или наличие точных предварительных карт; и зачастую проверяются только в симуляторах или ограниченных средах. Более того, многие системы ориентированы либо на визуальное слежение, либо на оценку глубины, но лишь немногие из них обеспечивают интегрированное решение в реальном времени для полной трехмерной локализации в практических условиях применения.

Для решения вышеописанных задач мы предлагаем систему на базе БПЛА, которая сочетает в себе монокулярную камеру, лазерный дальномер на подвесе (gimbal) и бортовое компьютерное зрение для отслеживания и локализации как статичных, так и движущихся

целей в режиме реального времени. Предложенный подход устраняет необходимость в предварительном знании размеров объектов, структуры местности или внешней обработки, что позволяет гибко развертывать систему в разных средах. Система использует визуальное обнаружение для отслеживания целей, активно управляемый подвес для выравнивания лазерного луча по цели и лазерный дальномер для получения точных измерений расстояния, на основе которых определяются глобальные координаты.

Основные достижения данной работы:

- **Новая система на основе БПЛА**, которая сочетает монокулярную камеру, лазерный дальномер на стабилизирующей подвеске и бортовую обработку изображений для локализации объектов в реальном времени.
- **Полностью автономная работа в реальном времени** с активным управлением подвеской и объединением данных с датчиков, без необходимости предварительных знаний о размере объекта, рельефе или состоянии движения.
- **Экспериментальная проверка в условиях открытой местности**, демонстрирующая точную локализацию целей.

2. Обзор существующих методов

Точная локализация объектов с использованием БПЛА представляет собой сложную задачу, обусловленную ограничениями бортовых сенсоров, особенностями воздушной перспективы и требованиями к работе в реальном времени. Существующие подходы включают пассивные методы компьютерного зрения, технологии, учитывающие рельеф местности, и лазерное сканирование. Каждый из этих методов имеет свои ограничения по универсальности, дальности действия и предположениям об окружающей среде.

2.1 Подходы, основанные на пассивном зрении

Методы оценки глубины с использованием монокулярных изображений, такие как MiDaS [1] и DPT [2], демонстрируют хорошую точность на средних расстояниях (до 50 метров) благодаря использованию трансформеров, но возникают проблемы обобщения и увеличения ошибок на больших расстояниях [3]. Системы стереозрения, такие как ZED [4] и RealSense [5], предлагают более надежные оценки на средних расстояниях (до 40 метров), но их эффективность ограничена расстоянием между камерами. Попытки увеличения базового расстояния с помощью движения дронов [6] предполагают статичные сцены, а подходы на основе размеров [7] требуют заранее известных габаритов объекта.

2.2 Гибридные методы и методы с учетом рельефа местности

Чтобы устранить неоднозначность масштаба, некоторые методы объединяют визуальные данные с данными о местности. Методы Raycast [8], TRADE [9] и TanDepth [10] пересекают лучи обзора с цифровыми моделями местности или используют геопространственные оценки для локализации. Эти методы повышают точность, но опираются на данные о рельефе высокого разрешения, которые часто являются недоступными.

2.3 Использование лазеров и подвесных систем

В следующих работах лазерные дальномеры устанавливались стационарно [11] или на двухосевых подвесах [12] для дополнения визуальных данных и улучшения локализации на коротких расстояниях. Использование подвеса также играет ключевую роль в обеспечении видимости динамических целей, как это продемонстрировано в [13-14]. Однако такие системы зачастую разрабатываются исключительно для отслеживания, а не для интегрированной локализации.

2.4 Интеграция отслеживания

Надежное отслеживание объектов необходимо для поддержания визуального контакта и проведения измерений. В нашей предыдущей работе [15] мы представили гибридный трекер, сочетающий корреляционную фильтрацию и трекинг на основе трансформеров для взаимодействия БПЛА с целью. Этот трекер составляет основу процесса отслеживания объектов в нашей системе.

2.5 Резюме и вклад

Наш подход интегрирует отслеживание в реальном времени с активно управляемым лазером на подвесе и монокулярной камерой, используя данные о положении БПЛА для вычисления трехмерных координат цели. В отличие от предыдущих систем, он не зависит от известных размеров объектов, моделей рельефа или внешних карт, что делает его подходящим для разнообразных, неструктурированных сред.

3. Метод

3.1 Обзор системы

Предлагаемая система обеспечивает трехмерную локализацию объектов в реальном времени с использованием БПЛА, оснащенного монокулярной камерой, лазерным дальномером на стабилизированном подвесе и средствами бортовой обработки данных. Общая архитектура (рис. 1) состоит из нескольких взаимосвязанных модулей:

- **Модуль выбора объекта пользователем:** процесс начинается с ручного выбора цели через пользовательский интерфейс. Пользователь выбирает интересующий объект в кадре камеры.
- **Модуль отслеживания объекта:** после выбора объект непрерывно отслеживается в пространстве изображения с использованием алгоритма визуального отслеживания. Модуль выводит пиксельные координаты цели в каждом кадре.
- **Модуль отслеживания подвесом:** пиксельные координаты цели используются для управления подвесом, чтобы объект оставался в центре кадра камеры. Такое активное управление повышает надежность отслеживания и минимизирует размытие из-за движения.
- **Модуль локализации:** модуль объединяет пиксельные координаты цели, углы наклона подвеса, данные лазерного дальномера, GPS-координаты БПЛА и информацию о его ориентации для расчета трехмерного положения цели в глобальной системе координат.

Вся система функционирует на борту БПЛА в реальном времени, что обеспечивает автономную работу без внешней обработки или поддержки с земли.

3.2 Модуль отслеживания объекта

Модуль отслеживания объектов отвечает за непрерывную визуальную фиксацию выбранной цели в кадре. После первоначального выбора цели этот модуль автоматически следует за ней в последующих кадрах, оценивая ее двумерное местоположение в пиксельных координатах изображения.

Мы используем KCF-MF (Kernelized Correlation Filter-MixFormer) [15] – гибридный трекер, разработанный нашей командой. KCF-MF сочетает в себе эффективность традиционных корреляционных фильтров с низкой задержкой с точностью и устойчивостью нейронных сетей на основе трансформаторов. В нем используется механизм переключения на основе перцептивного хэширования, который при необходимости позволяет чередовать быстрые и

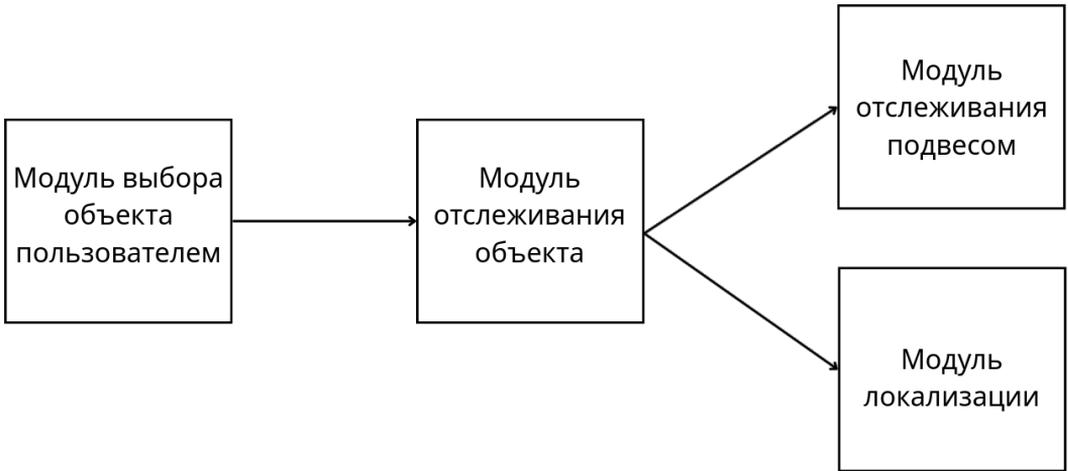


Рис. 1. Модульная архитектура предлагаемой системы локализации объектов. Процесс начинается выбора объекта пользователем, за которым следует его отслеживание, одновременно управляющее процессами контроля подвеса и локализации.

Fig. 1. Modular architecture of the proposed object localization system. The pipeline begins with user selection, followed by object tracking, which concurrently drives gimbal control and localization processes.

эффективные корреляционные фильтры с медленными, но высокоточными нейросетевыми алгоритмами. Такая гибридная конструкция обеспечивает высокую точность и низкие вычислительные затраты, что делает ее идеальной для сред с ограниченными ресурсами. На каждом временном шаге модуль выдает ограничительную рамку и центральный пиксель отслеживаемой цели. Эта информация одновременно передается в

- **Модуль отслеживания подвесом** для визуального управления;
- **Модуль локализации** для вычисления трехмерного положения цели.

3.3 Системы координат

В предложенной архитектуре используются различные системы координат для представления положения объектов и БПЛА. Точные преобразования между этими системами являются критически важными как для визуального управления, так и для локализации. Определены следующие системы координат:

- **Система камеры:** Система координат относительно оптического центра камеры. Координаты изображения из модуля отслеживания объекта выражены в этой системе.
- **Система корпуса:** Система координат, фиксированная относительно корпуса БПЛА, с началом в центре БПЛА. Ориентация и положение БПЛА описываются в этой системе.
- **Инерциальная система (NED):** Локальная система координат, фиксированная относительно Земли, с осями, направленными на Север, Восток и Вниз.
- **Глобальная система (WGS84):** Глобальная система координат, обычно связанная с GPS или другими геопривязанными данными. Окончательное вычисленное положение цели выражается в этой системе.

Более подробную информацию о преобразованиях между системами координат можно найти в работах [7] и [16].

3.4 Модуль отслеживания подвесом

Модуль отслеживания подвесом непрерывно корректирует ориентацию камеры, чтобы отслеживаемый объект оставался в центре изображения, управляя поворотами подвеса по углам рыскания и тангажа. Процесс начинается с двумерных координат изображения цели, которые преобразуются в немасштабированные трехмерные координаты в системе камеры с использованием его внутренних параметров, таких как фокусное расстояние и оптический центр. Поскольку требуется только направление на объект, а не его фактическое расстояние, масштаб полученного вектора не имеет значения. Затем этот вектор направления преобразуется в систему координат корпуса с использованием известной внешней калибровки между камерой и корпусом БПЛА. Полученный луч, выраженный в координатах тела, указывает на цель. На основе этого луча вычисляются необходимые углы рыскания и тангажа подвеса, которые передаются контроллеру подвеса для поворота камеры. Это обеспечивает постоянное визуальное выравнивание с целью в реальном времени.

Внутренние и внешние параметры камеры соответствуют стандартной модели камеры с отверстием [17].

3.5 Модуль локализации

Модуль локализации вычисляет позицию выбранной цели в глобальных координатах следующим образом:

1. Измерение дальномером: Дальномер определяет расстояние от БПЛА до цели, когда цель находится в центре кадра камеры.
2. Преобразование пикселей в систему камеры: Позиция цели выражается в масштабированных координатах камеры на основе ее положения в пикселях (из модуля отслеживания объекта) и данных дальномера.
3. Преобразование из системы камеры в систему корпуса: С использованием углов рыскания и тангажа подвеса положение цели преобразуется в систему координат корпуса БПЛА.
4. Преобразование из системы корпуса в инерциальную систему: Положение цели преобразуется в инерциальную систему с использованием ориентации БПЛА, полученной от контроллера полета.
5. GPS-координаты. Для преобразования положения цели из системы NED в GPS-координаты используется текущее положение БПЛА (широта, долгота, высота) в качестве опорной точки. Сдвиг цели в системе NED применяется к этой опорной точке с учетом азимута (направления) и расстояния по геодезической линии. В результате вычисляются новые широта, долгота и высота цели, что позволяет определить ее глобальную позицию в системе координат WGS84.

Этот процесс позволяет в реальном времени рассчитывать трехмерное положение цели в глобальных координатах, обеспечивая точную геолокацию.

4. Эксперименты

Для тестирования системы мы используем квадрокоптер со следующей конфигурацией (рис. 2):

- **Рама, моторы, регуляторы скорости (ESC):** Набор Holybro S500;
- **Полетный контроллер:** Pixhawk 6C;
- **Телеметрия:** SIYI HM30 Full HD, видеосвязь 5.8 ГГц;
- **GPS:** Holybro F9P;
- **Подвес:** Tarot 3D III Metal, 3-осевой;

- **Камера:** SIYI R1, 1080р, 30 кадров в секунду;
- **Дальномер:** Лазерный дальномер с инфракрасным лучом;
- **Аккумулятор:** Литий-полимерный аккумулятор Zeee 3S-4S;
- **Бортовой компьютер:** Jetson Orin Nano.



*Рис. 2. Holybro S500 дрон для экспериментов.
Fig. 2 Holybro S500 drone for experiments.*

Подвес был установлен на передней части дрона. Поскольку он не предназначен для одновременного размещения камеры и дальномера, была спроектирована и напечатана на 3D-принтере дополнительная крепежная деталь, обеспечивающая их размещение рядом друг с другом. Оси камеры и дальномера выровнены параллельно. Дальномер надежно закреплен и предварительно откалиброван. Расстояние между центром камеры и центром дальномера составляет примерно шесть сантиметров. На рис. 3 показан результат крепления дальномера рядом с камерой. Дальномер предоставляет не только данные о расстоянии до точки, на которую он направлен, но и угол относительно горизонта. Этот угол измеряется с большей точностью, чем угол наклона подвеса, поэтому он используется в качестве основного источника данных о наклоне.

Дальномер работает с использованием инфракрасного луча и может измерять расстояния от трех метров до 1,3 километра. Важно отметить, что поверхность должна быть твердой и не состоять из стекла или воды, так как луч должен отражаться обратно к дальномеру для точного измерения расстояния.

Система работает в реальном времени на Jetson Orin Nano. Единственным вычислительно затратным компонентом является трекер, который работает в режиме реального времени, как указано в [15]. Все остальные модули, включая управление подвесом и локализацию, являются легкими и эффективно работают параллельно.

Для тестирования системы мы разместили объект на земле и зафиксировали GPS-координаты. Затем мы запускали наш квадрокоптер на разных высотах и с разными ориентациями, пытаясь вычислить GPS-координаты при отслеживании объекта с помощью подвеса.



Рис. 3. Подвес с камерой и дальномером.
Fig. 3. Gimbal with camera and rangefinder.

4.1 Сравнение результатов

Прямое сравнение с существующей литературой представляет сложности, так как многие предыдущие работы опираются на симуляции с идеальными условиями. Напротив, наша система использует реальный подвес с лазерным дальномером на БПЛА, что вводит реалистичные ошибки, такие как вибрации, смещение датчиков и атмосферные эффекты. Кроме того, наш метод невозможно протестировать в симуляционных средах, так как он зависит от факторов и динамики реального мира, которые невозможно воспроизвести в моделируемых условиях.

Табл. 1 подводит итоги результатов. Во втором столбце указаны средние ошибки из статьи [8], основанной на экспериментах в реальном мире с использованием нескольких изображений. В третьем столбце приведены средние ошибки симуляций из работы [16], выполненных по фиксированной круговой траектории на высоте 60 метров.

Табл. 1 Абсолютные ошибки локализации для различных методов на разных расстояниях до объекта. Первый столбец содержит расстояния до объекта, а второй, третий и четвертый столбцы представляют абсолютные ошибки для метода трассировки лучей [8], нашего метода и геопространственного метода [16] соответственно.

Table 1. Absolute localization errors for various methods at different object distances. The first column lists the distances to the object, while the second, third, and fourth columns present the absolute errors for raycast [8], our method, and the geospatial [16] method, respectively.

Distance Range	Raycast [8]	Our System	geospatial [16]/simulation
40–50 m	~4.4 m	0.8m	-
50–60 m	~5.2 m	1.1m	~1.17m
60–70 m	5.62 m	1.1m	-
80–90 m	16.99 m	1.4m	-
90–100 m	-	1.6m	-
140–150 m	-	2.2m	-
300 m	-	3.3m	-

Наши эксперименты в реальных условиях показывают, что предложенная система превосходит существующие методы по точности локализации благодаря надежной оценке глубины, обеспеченной подвесом с лазерным дальномером и визуальным отслеживанием на борту.

5. Заключение

В данной работе представлена система для локализации объектов в реальном времени на основе БПЛА, объединяющая монокулярную камеру, подвес с лазерным дальномером и бортовую обработку данных. Система работает автономно в реальных условиях без необходимости в предварительных знаниях об окружающей среде или предположениях о размере объектов и рельефе местности. Полевые испытания подтвердили точность системы в локализации целей, подчеркнув ее надежность и эффективность в реальных условиях. Благодаря сочетанию активного управления подвесом и слияния данных с датчиков, система обеспечивает точную геолокацию, выполняя все вычисления на борту БПЛА в реальном режиме.

Список литературы / References

- [1]. Ranftl R., et al. Towards robust monocular depth estimation: Mixing datasets for zero-shot cross-dataset transfer. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 44, no. 3, 2020, pp. 1623-1637. DOI: 10.1109/TPAMI.2020.3019967.
- [2]. Ranftl R., Bochkovskiy A., Koltun V. Vision transformers for dense prediction. *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 2021, pp. 12179-12188. DOI: 10.1109/ICCV48922.2021.01196.
- [3]. Godard C., et al. Digging into self-supervised monocular depth estimation. *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 2019, pp. 3828-3838. DOI: 10.1109/ICCV.2019.00393
- [4]. Stereolabs. ZED 2 Camera. Available at: <https://www.stereolabs.com/zed-2/>.
- [5]. Intel Corporation. Intel RealSense Depth Camera D455. Available at: <https://www.intelrealsense.com/depth-camera-d455/>.
- [6]. Kim I., Yow K. C. Object location estimation from a single flying camera. *UBICOMM 2015*, 2015, p. 95.
- [7]. Sanyal S., Bhushan S., Sivayazi K. Detection and location estimation of object in unmanned aerial vehicle using single camera and GPS. *2020 First International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T)*, IEEE, 2020, pp. 73-78. DOI: 10.1109/ICPC2T48082.2020.9071439.
- [8]. Paulin, et al. Application of the raycast method for person geolocation and distance determination using UAV images in real-world land search and rescue scenarios. *Expert Systems with Applications*. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.121495.
- [9]. Proença P. F., et al. Trade: Object tracking with 3D trajectory and ground depth estimates for UAVs. *2023 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, IEEE, 2023, pp. 3325-3331. DOI: 10.1109/ICRA48891.2023.10161192.
- [10]. Florea H., Nedevschi S. TanDepth: Leveraging Global DEMs for Metric Monocular Depth Estimation in UAVs. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2025. DOI: 10.1109/JSTARS.2025.3531984.
- [11]. Yates D. J. Monocular Vision Localization Using a Gimbaled Laser Range Sensor. Master's thesis, Air Force Institute of Technology, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 2010, 105 pp.
- [12]. Ge H., et al. An object localization system using monocular camera and two-axis-controlled laser ranging sensor for mobile robots. *IEEE Access*, vol. 9, 2021, pp. 79214-79224. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3084153.
- [13]. Cunha R., et al. Gimbal control for vision-based target tracking. *Proceedings of the European Conference on Signal Processing*, 2019.
- [14]. Regner D. J., et al. Object tracking control using a gimbal mechanism. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 43, 2021, pp. 189-19. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2021-189-2021.
- [15]. Sardaryan A., et al. An accurate real-time object tracking method for resource-constrained devices. *Proceedings of the Institute for System Programming of the RAS*, vol. 36, no. 3, 2024, pp. 283-294. DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-20.
- [16]. Pai P., Naidu V. P. S. Target geo-localization based on camera vision simulation of UAV. *Journal of Optics*, vol. 46, 2017, pp. 425-435. DOI: 10.1007/s12596-017-0395-0.
- [17]. Hartley R., Zisserman A. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, Cambridge, 2004, 655 pp.

Информация об авторах / Information about authors

Вардан СААКЯН – научный сотрудник Центра передовых программных технологий (CAST) и аспирант Российско-Армянского университета, специализируется на математическом и программном обеспечении вычислительных систем. Получил степень бакалавра по информатике и прикладной математике в Национальном политехническом университете Армении (2021) и степень магистра по интеллектуальным системам и робототехнике в Российско-Армянском университете (2023). Его исследования посвящены беспилотным летательным аппаратам, компьютерному зрению и обучению с подкреплением.

Vardan SAHAKYAN is a researcher at the Center of Advanced Software Technologies (CAST) and a postgraduate student at Russian-Armenian University, specializing in mathematical and software support for computing systems. He holds his B.Sci. in informatics and applied mathematics from the National Polytechnic University of Armenia (2021) and an M.Sc. in intellectual systems and robotics from Russian-Armenian University (2023). His research focuses on UAVs, computer vision, and reinforcement learning.

Ваагн МЕЛКОНЯН получил степень бакалавра в области информатики и прикладной математики в Национальном Политехническом Университете Армении, Армения, в 2021 году. В 2023 году он получил степень магистра в области интеллектуальных систем и робототехники в Российско-Армянском Университете, Армения. В настоящее время он занимается аспирантурой по математическому и программному обеспечению вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей в Российско-Армянском Университете, Армения. Он также является исследователем в Центре Передовых Программных Технологий (CAST). Его исследовательские интересы включают БПЛА, компьютерное зрение и алгоритмы управления.

Vahagn MELKONYAN received his B.Sci. in Informatics and Applied Mathematics from the National Polytechnic University of Armenia, Armenia, in 2021. In 2023, he earned his M.Sc. degree in Intellectual Systems and Robotics from Russian-Armenian University, Armenia. He is currently pursuing a Ph.D. in Mathematical and Software Support for Computing Machines, Complexes, and Computer Networks at Russian-Armenian University, Armenia. He is also a researcher at the Center of Advanced Software Technologies (CAST). His research interests include UAVs, computer vision, and control algorithms.

Севак САРГСЯН получил степени бакалавра и магистра в области информатики и прикладной математики в Ереванском Государственном Университете, Армения, в 2010 и 2012 годах соответственно. Позже, в 2016 году, он получил степень кандидата физ.-мат. наук в области математического и программного обеспечения вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей в Институте системного программирования имени Иваницова Российской академии наук. В настоящее время он является заведующим кафедрой Системного Программирования в Российско-Армянском Университете, Армения. Его исследовательские интересы включают технологии компиляторов, безопасность программного обеспечения и тестирование программного обеспечения.

Sevak SARGSYAN received his B. Sci. and M. Sci. degrees in informatics and applied mathematics from Yerevan State University, Armenia, in 2010 and 2012, respectively. He later in 2016, obtained his Cand. Sci. (Phys.-Math.) degree in mathematical and software support for computing machines, complexes, and computer networks from the Ivannikov Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences. Presently, he serves as the head of the system programming department at Russian-Armenian University, Armenia. His research interests include compiler technologies, software security, and software testing.