

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И БУДУЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БПЛА

Бавбель Е.И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к.т.н, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. В последнее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) или дроны стали повсеместной и неотъемлемой частью нашего общества. Они проявляются в большом разнообразии в самых разных приложениях для экономических, коммерческих, развлекательных, военных и академических целей. За последнее десятилетие индустрия дронов резко выросла в качестве модели производства и обеспечения конвергенции, предлагая синергию за счет объединения нескольких технологий. Это связано с технологическими тенденциями и быстрым прогрессом в области управления, миниатюризации и компьютеризации, кульминацией которых являются безопасные, легкие, надежные, более доступные и экономичные БПЛА. БПЛА поддерживают неявные особенности, включая доступ к зонам стихийных бедствий, быструю мобильность, выполнение полетов по воздуху и функции полезной нагрузки. Несмотря на эти привлекательные преимущества, БПЛА сталкиваются с ограничениями в эксплуатации из-за ряда критических проблем, связанных с автономностью полета, планированием траектории, сроком службы батареи, временем полета и ограниченной грузоподъемностью, поскольку интуитивно не рекомендуется загружать тяжелые предметы, такие как батареи. В результате основная цель этого исследования – дать представление о потенциале БПЛА, а также об их характеристиках и проблемах с функциональностью. В этом исследовании представлен всесторонний обзор БПЛА, их типов, группировок, классификаций, методов зарядки и правил. Кроме того, также рассматриваются сценарии применения, потенциальные проблемы и проблемы безопасности. Наконец, определяются будущие направления исследований для дальнейшего совершенствования исследовательской работы.

Ключевые слова: БПЛА, тенденции развития БПЛА, безопасность БПЛА.

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), также известные как дроны, широко используются и привлекли к себе значительное внимание за последнее десятилетие. В большинстве исследований сообщается о мультикоптерах из-за их простоты механизмов управления и высокой точности позиционирования. Сообщается также о других типах БПЛА, но их количество сравнительно невелико. Существует несколько ограничений на практическое внедрение БПЛА в различных сценариях применения. Основным критическим ограничением среди БПЛА является продолжительность полета, которая ограничена из-за ограниченного питания, обеспечиваемого батареями. Эту проблему можно решить за счет разработки различных типов батарей с использованием гибридных систем или двигателей внутреннего сгорания. Еще одним перспективным решением является док-станция, которая может заряжать или заменять аккумуляторы, хранить и даже выполнять задачи связи с БПЛА. Док-станции могут решить проблему долговечности аккумуляторов и поставить БПЛА на шаг впереди в области автономных систем [1].

В настоящее время БПЛА используются во многих военных, промышленных и коммерческих целях (рисунок 1).

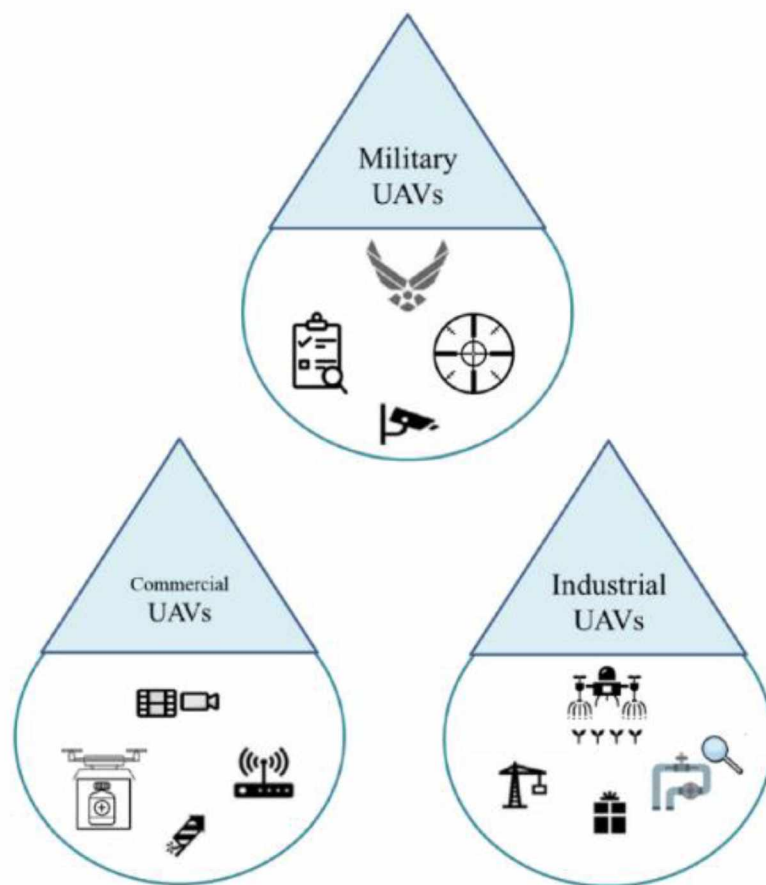


Рисунок 1 – Сферы применения БПЛА

В армии БПЛА обеспечивают навигацию, безопасную связь и разведку. Кроме того, они используются в мобильных периферийных вычислениях, сотовой связи, доставке посылок, интеллектуальном здравоохранении, интеллектуальных транспортных системах, миссиях видеонаблюдения, точном земледелии, проверке линий электропередачи, дистанционном зондировании, поиске и спасении, а также выполнении операций по оказанию помощи в условиях стихийных бедствий. БПЛА имеют возможность получать доступ к удаленным или опасным районам, облегчать мониторинг окружающей среды и получать изображения с высоким разрешением. Эти летающие объекты полезны при мониторинге, поскольку они устраняют ограничения в динамичных, суровых и сложных средах с ограниченным доступом. Кроме того, они сокращают трудозатраты и время, необходимые для обследования, проверки и отбора проб на земле, обеспечивают предотвращение столкновений и быстрое сближение для достижения целей, а также дают больше времени для запланированных управленческих операций. Однако существует множество критических ограничений на конструкцию, развертывание и производительность БПЛА. Некоторые из них имеют ограниченное время полета, ограниченную автономность, меньшую мобильность и ограниченный срок службы батареи. Суровые погодные условия и окружающая среда также налагают ограничения на эффективность БПЛА. Ограниченное время миссии связано с низким ресурсом батареи, суровыми атмосферными условиями и проблемами с точностью датчиков.

Основная часть. БПЛА подвержены нескольким критическим проблемам и ограничениям, которые требуют будущих исследований. Потенциальные проблемы, связанные с БПЛА, заключаются в следующем:

- одной из важнейших задач является обеспечение безопасности конфиденциальных данных, таких как положение, местоположение и т. д., получаемых от дронов или БПЛА. Поскольку на БПЛА нет шифрования, существует риск быть

угнанным. Хакерство и киберответственность являются важнейшими проблемами использования БПЛА. В военных операциях БПЛА уязвимы перед потенциальными угрозами утечки данных. Хакеры могут узурпировать полный контроль над БПЛА для кражи данных, вторжения в частную жизнь и любой незаконной деятельности, например, для контрабанды;

- бесперебойную и успешную работу БПЛА можно обеспечить с помощью беспроводных датчиков. Например, интеллектуальную систему управления дорожным движением можно создать путем мониторинга и наблюдения с помощью беспроводных датчиков;

- ограниченная дальность передачи, возможности обработки и более низкая скорость также являются некоторыми серьезными проблемами в отношении БПЛА, которым необходимы дополнительные исследования и исследования для развития этой технологии;

- из-за ограничений на траекторию движения БПЛА и ограничений по батареям распределение ресурсов стало решающей проблемой. Это замечено в трех аспектах: зависание БПЛА, локальные вычисления и разгрузка задач. Таким образом, разработка точного планирования маршрута может, следовательно, поставить под угрозу эксплуатационные расходы и расчетную производительность. Эффективное распределение ресурсов может повысить справедливость, сократить время выполнения задач, снизить затраты, снизить энергопотребление и максимизировать эффективность вычислений [2];

- существует несколько проблем при использовании БПЛА для мониторинга инфраструктуры и строительства, таких как ограниченные возможности обработки, короткое время полета и ограниченность энергии. Существует пробел в исследованиях в области сотрудничества с использованием нескольких БПЛА для инспекции инфраструктуры и строительства. Сотрудничество нескольких БПЛА может обеспечить быстрое завершение проекта, высокую устойчивость к ошибкам и широкий спектр проверок.

Проблемы безопасности. БПЛА в основном страдают от угона, отказа в обслуживании (*DoS*) и распределенных *DoS*-атак из-за отсутствия соответствующих стратегий защиты от *DoS/DDoS*. Подмена сигнала посредством угона может нанести вред поведению некоторых БПЛА. Атаки подмены сигнала *GPS* происходят из-за вставки или введения злоумышленником неправильной информации из каналов *GPS* [3].

Текущие алгоритмы противодействия доступны для отдельных сетей БПЛА. Таким образом, существует необходимость разработки или модификации существующих алгоритмов для мульти-БПЛА [3].

Существующие анализы безопасности не учитывают различия в программном и аппаратном обеспечении разных типов БПЛА. Напротив, некоторые атаки происходят только в определенной конструкции программного или аппаратного обеспечения. Напротив, меры безопасности подходят для любого конкретного БПЛА и не могут быть реализованы для разных систем БПЛА. Таким образом, существует необходимость разработки единой меры безопасности, которая может быть реализована для всех БПЛА.

Среди различных угроз безопасности очень опасны угрозы *GCS*, поскольку конфиденциальные данные могут быть утечки через программные инструменты и вредоносные рабочие команды. Скомпрометированный *GCS* получает от злоумышленника ошибочные команды. Эти атаки обычно происходят из-за вирусов, кейлоггеров и вредоносных программ. Решения по смягчению последствий, такие как аутентификация *GCS*, необходимы для защиты данных БПЛА от утечки неавторизованным процессам, объектам и пользователям.

В некоторых сценариях злоумышленник может ввести БПЛА в заблуждение, отправив ошибочные предупреждающие тексты. Это может вызвать заторы в сети. Злоумышленник может выдать себя за законного пользователя и предоставить ложную информацию, неправильные команды или испортить данные, что существенно ухудшит производительность БПЛА. Эти атаки происходят из-за недоступности стратегий аутентификации, поскольку любой злоумышленник может выдать себя за законного пользователя и вызвать помехи в сети.

В некоторых случаях злоумышленники могут украсть информацию о планировании траектории БПЛА или отслеживать траектории БПЛА на предмет любой незаконной деятельности, используя эти данные. Эти угрозы могут использовать БПЛА злоумышленника в обход законного БПЛА.

Еще одним важным фактором является целостность миссии БПЛА, которая связана с точностью и передачей данных без каких-либо помех. Если стратегии защиты целостности отсутствуют, данные становятся недействительными, поскольку злоумышленник может повредить исходные данные.

Крайне важно разработать передовые механизмы для борьбы с постоянно меняющимися угрозами безопасности, связанными с связью, инфраструктурой и надежностью БПЛА. Основной проблемой безопасности, связанной с БПЛА для доставки, является угон, когда злоумышленник может украсть или повредить его груз. В случае с мультимедийными, развлекательными или коммерческими БПЛА нарушение их передачи может серьезно повлиять на производительность всей сети. В таком случае требуется аутентификация БПЛА, что может вызвать чрезмерные задержки. Для решения различных проблем безопасности предлагаются алгоритмы машинного обучения. Безопасность физического уровня с поддержкой ML принята для уменьшения воздействия вредоносных БПЛА. Кроме того, могут быть реализованы стратегии защиты от помех для повышения производительности безопасности физического уровня (PLS) против потенциальных помех.

Возможные направления исследований. Несмотря на то, что схемы искусственного интеллекта, включая стратегии машинного обучения и нейронные сети, использовались в БПЛА, стратегии глубокого обучения и обучения с подкреплением еще не реализованы в полной мере. Это связано с ограниченными ограничениями по мощности и вычислительным ресурсам. Следовательно, исследователи должны найти основанные на глубоком обучении новые стратегии для БПЛА, особенно для поисково-спасательных операций. Эти схемы могут поддерживать контекстуальные решения и обучение на основе информации о траектории. Собранные данные могут быть использованы для обеспечения эффективного автономного пилотирования БПЛА [4,5].

Для выполнения расширенных миссий необходимо изучить новые стратегии сбора энергии БПЛА и новые материалы для батарей БПЛА. Исследователи должны найти новые легкие и эффективные батареи, которые позволят увеличить время полета БПЛА. Будущие исследования должны рассмотреть эффективный механизм управления мощностью и энергопотреблением БПЛА.

Исследователи должны сосредоточиться на поиске энергоэффективных алгоритмов для обработки данных БПЛА, например, аэрофотосъемки, видео и данных зондирования в режиме реального времени.

Предполагается, что при дальнейшем развитии БПЛА с эффективной стандартизацией, правилами конфиденциальности, алгоритмами обработки изображений, недорогими датчиками, увеличенным временем полета и большей полезной нагрузкой

возникнет необходимость интеграции БПЛА в различные приложения, такие как фенотипирование полевых культур.

Методы обработки изображений для БПЛА сталкиваются с рядом важных проблем, таких как различная ориентация изображения, более высокое перекрытие, переменный масштаб и различная высота.

Существует необходимость предложить эффективные методы проверки линий электропередачи в режиме реального времени с помощью БПЛА, такие как инструменты анализа данных, совместные платформы, надежные средства слежения и обнаружения, инспекцию на основе визуального контроля и методы фотограмметрии на малой высоте с БПЛА.

Исследователи должны сосредоточиться на внедрении новых сенсорных устройств, специальных камер, алгоритмов принятия нескольких решений, мультиспектральных изображений, сосуществовании краевых/туманных вычислений или механизма дистанционного зондирования и позиционирования для поддержки эффективного обнаружения почвы, картирования состояния урожая и другие характеристики ведения сельского хозяйства.

Существует необходимость предложить больше стратегий для зондирования, наведения, навигации и локализации. Любая проблема в этих методах может стать причиной сбоев в точности и своевременности доставки посылок. Таким образом, исследователям следует изучить недорогие и эффективные сенсорные устройства и системы локализации.

Заключение. Поскольку БПЛА привлекли значительное внимание исследователей, публикуется все больше и больше патентов и научных статей. Следствием этих инноваций является быстрое расширение исследований и разработок БПЛА. Кроме того, потребность в высокой мобильности, большей автономности и большей дальности действия БПЛА привела к разработке новых систем замены аккумуляторов, док-станций и точной посадки. Их применение уже используется для обнаружения и предотвращения пожаров, мониторинга стихийных бедствий, точного земледелия, беспроводной связи, дистанционного зондирования, мониторинга линий электропередачи, контроля дорожного движения и т. д. В этой связи мы всесторонне рассматриваем текущие разработки БПЛА, достигнутые как академическими, так и промышленными секторами. В этом исследовании подчеркивается быстро растущий интерес исследователей, государственных органов и деловых кругов к дальнейшему освоению и использованию всех возможностей этой многообещающей технологии. Рассматриваются сценарии применения, потенциальные проблемы и проблемы безопасности. Наконец, определяются будущие направления исследований для дальнейшего совершенствования исследовательской работы.

Список литературы

1. Grlj CG, Krznar N, Pranjić M (2022) A decade of UAV docking stations: a brief overview of mobile and fixed landing platforms. *Drones* 6(1):17.
2. Winter T, Thubert P, Brandt A, Hui JW, Kelsey R, Levis P et al (2012) RPL: IPv6 routing protocol for low-power and lossy networks. *RFC* 6550:1–157
3. He D, Chan S, Guizani M (2016) Communication security of unmanned aerial vehicles. *IEEE Wirel Commun* 24(4):134–139/
4. Lv Z, Li Y, Feng H, Lv H (2021) Deep learning for security in digital twins of cooperative intelligent transportation systems. *IEEE Trans Intell Transp Syst*. <https://doi.org/10.1109/TITS.2021.3113779>.
5. Liu F, Zhang G, Lu J (2020) Multi-source heterogeneous unsupervised domain adaptation via fuzzy-relation neural networks. *IEEE Trans Fuzzy Syst*. <https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2020.3018191>

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

SECURITY ISSUES AND FUTURE TRENDS IN UAV DEVELOPMENT

Bavbel E.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexseev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. Recently, unmanned aerial vehicles (UAVs) or drones have become a ubiquitous and integral part of our society. They appear in great variety in a wide variety of applications for economic, commercial, entertainment, military and academic purposes. Over the past decade, the drone industry has grown dramatically as a manufacturing and convergence model, offering synergies by combining multiple technologies. This is due to technological trends and rapid advances in control, miniaturization and computerization, culminating in safer, lighter, more reliable, more accessible and cost-effective UAVs. UAVs support implicit features including access to disaster zones, rapid mobility, aerial missions, and payload functions. Despite these attractive advantages, UAVs face operational limitations due to a number of critical issues related to flight autonomy, trajectory planning, battery life, flight time, and limited payload capacity as it is intuitively not recommended to load heavy items such as batteries. As a result, the main goal of this study is to provide insight into the potential of UAVs, as well as their performance and functionality challenges. This study provides a comprehensive overview of UAVs, their types, constellations, classifications, charging methods and regulations. In addition, application scenarios, potential problems, and security issues are also covered. Finally, future research directions are identified to further improve the research work.

Keywords: UAV, UAV development trends, UAV safety.