

УДК 338.36

Г. Ю. Пешкова

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: prorruk@guap.ru

Г. А. Плотников

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: Dim111077@mail.ru

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АВТОНОМНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**Ключевые слова:** искусственный интеллект, беспилотные воздушные суда, нейронные сети.

Научно-технический прогресс регулярно вносит изменения во все сферы человеческой деятельности и экономики в целом. Сфера беспилотных воздушных судов (БВС) также стремительно развивается и преподносит новшества, позволяющие решать существующие задачи быстрее и результативнее. Применение данного вида устройств позволяет организовать быструю доставку грузов, провести поисково-спасательные операции, патрулирование улиц и многое другое. Чаще всего каждое устройство управляется индивидуально наземным пилотом или заложеной программой и их объединение в группу для выполнения единой миссии не предусмотрено. Для повышения эффективности БВС целесообразно объединить их в одну сеть, тем самым организовать «ансамбль дронов». В данной работе рассматривается задача взаимодействия группы автономных беспилотных воздушных судов (БВС), а также их координации и управления за счет использования технологии искусственного интеллекта нового поколения. Перечислено несколько видов нейронных сетей, которые могут использоваться в работе квадрокоптеров. Изучены основные варианты наземного управления дронами. Рассмотрена проблема управления группировкой беспилотных судов с наземных станций. Рассмотрены случаи, когда применение данного вида устройств и технологии будет эффективно и целесообразно. Изучена экономическая целесообразность использования автономных беспилотных систем.

G. Yu. Peshkova

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), Saint-Petersburg, e-mail: prorruk@guap.ru

G. A. Plotnikov

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), Saint-Petersburg, e-mail: Dim111077@mail.ru

INTERACTION OF AUTONOMOUS UNMANNED AIRCRAFT USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES**Keywords:** artificial intelligence, unmanned aircraft, neural networks.

Scientific and technological progress regularly makes changes in all spheres of human activity and the economy as a whole. The field of unmanned aerial vehicles (UAVs) is also developing rapidly and presents innovations that allow solving existing problems faster and more efficiently. The use of this type of devices allows you to organize fast cargo delivery, conduct search and rescue operations, patrol streets and much more. Most often, each device is controlled individually by a ground pilot or a built-in program and their association into a group to perform a single mission is not provided. To increase the efficiency of UAVs, it is advisable to combine them into one network, thereby organizing an “ensemble of drones”. This paper considers the problem of interaction of a group of autonomous unmanned aerial vehicles (UAVs), as well as their coordination and management through the use of artificial intelligence technology of a new generation. Several types of neural networks that can be used in the operation of quadcopters are listed. The main options for ground control of drones have been studied. The problem of controlling the grouping of unmanned vessels from ground stations is considered. The cases when the use of this type of devices and technology will be effective and expedient are considered.

Введение

Сегодня беспилотные воздушные суда всё чаще используются для решения большого количества задач, так как автономное патрулирование, доставка средств первой необходимости в случае чрезвычайных ситуаций, поиск людей и многое другое. Беспилотные воздушные суда (они же БВС, БПЛА, дроны и т.д.) – это суда, управляемые автономной программой или внешним пилотом, находящимся вне борта такого судна. Автономные БВС – беспилотное судно, которое не предусматривает вмешательство пилота в управление. Чаще всего управлением БВС занимается специально обученный человек, использующий пульт дистанционного управления или смартфон [1]. Управлять несколькими дронами (ансамблем или группировкой дронов) с одного устройства довольно сложная задача. Для ее решения была разработана технология, которая основывается на объединении нескольких устройств в одну сеть и дальнейшим взаимодействием с ними через персональный компьютер [2]. При таком типе управления всем устройствам заранее назначаются координаты, по которым они должны передвигаться. Для достижения синхронности используются базовые станции GPS RTK с высокой точностью позиционирования [3]. Управление происходит с использованием специального программного обеспечения, например Drone Dance Controller [4]. Большим недостатком данной технологии является то, что ее использование требует наличия высококвалифицированных специалистов в штате, а развертывание аппаратуры и ее настройка занимает много временных и финансовых ресурсов. В связи с этим требуется рассмотреть возможность альтернативных вариантов организации группировки беспилотных систем, что позволит поднять эффективность и значительно снизить финансовую составляющую вопроса.

Цель исследования заключается в изучении модели управления беспилотных воздушных судов с наземных станций, а также возможности организации автономного ансамбля дронов с использованием технологий искусственного интеллекта для повышения эффективности выполняемых миссий и снижения финансовых затрат за счет сокращения штата внешних пилотов, сопутствующего оборудования и материалов.

Материалы и методы исследования

Базой для исследований служили труды специалистов, посвященные управлению беспилотных воздушных судов, организации группировки таких судов, а также методы искусственного интеллекта, которые могут применяться в работе данного вида устройств. Рассмотрены затраты, касающиеся штата управления БВС. В статье использовались методы изучения, анализа и классификации.

Результаты исследования и их обсуждение

Несмотря на простоту технологии управления дронами с наземной управляющей установкой, часто БВС совершают непредусмотренные программой действия. В Шанхае при проведении светового шоу дронов десятки устройств начали некорректно смещаться относительно запланированной траектории, а впоследствии на большой скорости спикировали в воду [5]. Вне зависимости от причин произошедшего, подобного рода инциденты являются показательными и указывают на имеющиеся недостатки у данной технологии организации группировки беспилотных воздушных судов. В связи с данным аспектом необходимо искать альтернативные варианты организации ансамбля дронов, которые предусматривают возможность выполнения поставленной задачи группировкой автономных беспилотных воздушных судов без участия человека или наземной управляющей установкой.

Помимо проблем с используемой на данный момент технологией, также существует и экономическая сторона вопроса, требующая анализа. Основным моментом касается содержания штата внешних пилотов, которые смогут организовать и управлять множеством беспилотных воздушных судов. Если каждым устройством в отдельности управляет пилот, а для выполнения миссии требуется десятки устройств, соответственно необходимо привлечь множество специалистов в этой области. Даже при почасовой оплате труда, за один рабочий день придется выделить десятки, а то и сотни тысяч рублей. При этом, стоит также учесть затраты для соблюдения условий труда привлеченных специалистов и закупку расходных материалов. Проведение подобных мероприятий на регулярной основе может повлечь большим затратам, особенно для малого и среднего бизнеса.

При использовании системы атематического управления с использованием базовых станции GPS RTK также есть ряд нюансов. С одной стороны, нет необходимости в содержании штата внешних пилотов, необходимо привлечь несколько работников, которые настроят систему и зададут маршрут полета дронов. С другой стороны – стоимость базовых станций может исчисляться миллионами рублей, а с текущей внешнеэкономической обстановкой и санкциями такое оборудование заказать довольно проблематично. Также, требуется много времени на поиск подходящей площадки для размещения оборудования и программирования карты полета. К сожалению, несколько часов на такую подготовку иногда нет, на пример, при проведении поисково-спасательных работ. Совокупность всех факторов говорит нам о том, что на рынок просто необходимо вывести новый вид беспилотников, которые смогут самостоятельно объединяться в группу и выполнять поставленную цель без регулярного вмешательства человека.

Автономные воздушные суда разрабатываются и используются продолжительное время. Их уже применяют в доставке товаров, построении карт местности и многом другом [6]. Однако, назвать полностью автономными их нельзя. Их обслуживанием, модернизацией, постановкой ежедневных целей и временем использования занимается человек. От части, они являются «частично автономными», тем не менее, создание полностью автономного устройства пока кажется довольно сложной задачей. Реализовать нечто приближенное к автономным устройствам можно с использованием ИИ и концепции «роя дронов». Этот подход подразумевает, что вместо одного технически сложно снаряженного БПЛА создается множество небольших беспилотников, выполняющих задание коллективно, во взаимодействии друг с другом [7]. Данные устройства работают с использованием технологий искусственного интеллекта и нейронных сетей. Так производители пытаются сделать их более безопасными для окружающих и минимизировать случаи столкновения с препятствиями, потери маршрута и пр. Обычно обучение беспилотников проходит с использованием нескольких видов нейронных сетей [8]:

1. Сеть прямого распространения – это нейронная сеть, нейроны которой не об-

разуют цикла. У этой нейронной сети есть три слоя – входной, скрытый и выходной. Входной слой принимает исходные данные, а выходной слой генерирует результат в заданном виде. Каждый нейрон одного слоя связан с каждым нейроном на следующем слое. Увеличение числа скрытых слоев позволяет формировать глубокую нейронную сеть прямого распространения. Данный вид используется для сжатия данных, распознавания образов и речи.

2. Сеть радиальных базисных функций (функция из набора однотипных радиальных функций) чаще всего используется для решения задачи аппроксимации (метод, который заключается в замене одних объектов другими, близкими к начальным, но более простыми). Ее архитектура идентична нейросети прямого распространения. Основное отличие состоит в том, что этот вид использует радиально-базовую функцию в качестве активации нейрона. Этот вид используется для аппроксимации, классификации, и прогнозирования временных рядов, в системах автоматического управления.

3. Сверточные нейронные сети (СНН) – это сети, которые имеют высокую результативность в задаче классификации и кластеризации изображений и в распознавании объектов. По факту, этот вид нейронных сетей универсальный и применяется в различных задачах. СНН по структуре состоят из слоя свертки и пулинга. Слой свертки выполняет функцию преобразования изначального изображения в новую матрицу данных меньшего размера и с применением особого фильтра. Пулинг нужен для уменьшения размерности данных. Преимущество заключается в инвариантности. Объект на изображении может находиться в любом месте, но сеть его все равно найдет.

Использование данных видов нейронных сетей позволяет беспилотникам распознавать объекты, строить карту местности, уклоняться от препятствий и многое другое. Однако, дроны до сих пор совершают нештатные аварийные посадки, а количество разбитых экземпляров снижает темпы применения дронов. Компания Amazon почти десять лет пытается организовать повсеместную доставку своих товаров с использованием автономных беспилотных воздушных судов, но испытывает трудности с надежностью и безотказностью [9].

При организации группы автономных беспилотных воздушных судов требуется решить две ключевые задачи:

- организация обмена данных между устройствами;
- автономное выполнение поставленной задачи.

Организация обмена данными между дронами необходима для того, чтобы устройства могли позиционировать друг друга в пространстве, а также сообщать о возможных препятствиях или обнаружении объекта задания. Например, предупреждение об опасности позволит устройствам заранее выбрать безопасную траекторию для маневра, что сведет количество вышедших из строя БВС к минимуму. Протокол передачи данных между устройствами не играет ключевой роли и может быть выбран в зависимости от целевого предназначения конкретного роя. При работе на открытой местности и небольшом расстоянии между устройствами можно использовать Bluetooth 5 или 6 поколения. При более сложных условиях можно использовать радиоканалы.

На данный момент разработка автономных взаимодействующих устройств только начинается. В мае 2022 года появилась статья китайских ученых, в которых они продемонстрировали свой вариант организации ансамбля дронов [10]. Данные исследования позволяют констатировать факт, что реализация группировки автономных устройств возможна. Несмотря на то, что в работе дронов заметно позиционирование каждого устройства как самостоятельного, нежели ансамбля с точки зрения синхронности действий, это большой шаг в подобного рода исследованиях.

Несмотря на проектирование и разработку БВС с использованием программ компьютерной симуляции, нет гарантии того, что рой дронов будет функционировать корректно, синхронно и быстро. Основной причиной для этого можно считать текущее развитие искусственного интеллекта. Большая часть систем использует принцип последовательного выполнения операций. Так как в ансамбле дронов на каждый аппарат может одновременно поступать информация о его текущем положении, координаты рядом летящих БВС, данные о распознанных с использованием камер объектах, скорость вращения лопастей и многое другое, достаточно сложно

обрабатывать все эти данные одновременно, даже с использованием высокопроизводительного многоядерного мобильного процессора и большого объема оперативной памяти. Из-за этого пока не получается добиться необходимого взаимодействия и оперативной реализации команд. Решить эту проблему сможет искусственный интеллект нового поколения.

Под искусственным интеллектом нового поколения в данном случае стоит понимать многозадачную нейросетевую конфигурацию, которая способна использовать множество входных данных в рамках одной модели. На сегодняшний день существуют многозадачные нейронные сети, но их эффективность и скорость работы достаточно низкая [11]. В связи с этим для решения вопроса многозадачности приходится обучать несколько нейросетевых программ, что требует значительных временных ресурсов [12]. Корпорация Google работает над проектом, в рамках которого планирует создавать комплексные нейросети. По словам разработчиков, они смогут одновременно работать над решением тысяч или даже миллионов разных задач одновременно. Проект получил название Pathways. Создатели заявили о том, что принцип работы Pathways несколько похож на принцип работы мозга человека. Схожесть принципов работы заключается в том, что для решения разных задач модель будет использовать не все входные ресурсы, а только ту их часть, которая имеет отношение к решению поступившей задачи [13]. Благодаря такой особенности ИИ можно будет решать все поступающие задачи намного быстрее и эффективнее, что должно положительно сказаться на работе всего ансамбля беспилотных воздушных судов.

Вывод

В результате использования технологий искусственного интеллекта нового поколения вероятность организации автономного ансамбля дронов значительно увеличится, а его надежность и результативность должна стать достаточной для выполнения всех поставленных целей. В свою очередь новые технологии ИИ позволят значительно расширить спектр возможностей в различных сферах человеческой деятельности, таких как здравоохранение, экономика, оборонный сектор, сельское хозяйство, сервисные

услуги и т.д. Появление на рынке таких устройств позволит значительно снизить затраты малого и среднего бизнеса при работе с множеством беспилотных воздушных судов. В свою очередь, компании, которые будут поставлять и обслуживать такие устройства смогут получать высокую прибыль, что позволит развивать отрасль беспилотников и выводить на рынок инновационную продукцию. Остается надеяться, что скорость развития технологий автономных БВС и машинного обучения будет только возрастать.

Библиографический список

1. Аппаратура управления квадрокоптером, какая бывает и как выбрать. URL: <https://profpv.ru/apparatura-upravleniya-kvadrokoptero/> (дата обращения: 20.06.2022).
2. Шоу дронов: как мы координировали рой танцующих коптеров. URL: <https://habr.com/ru/company/croc/blog/427353/> (дата обращения: 20.06.2022).
3. GPS-приемники для режима RTK. URL: <https://spb.rusgeocom.ru/gps-priemniki-dlja-rezhima-rtk> (дата обращения: 20.06.2022).
4. UgCS DDC – the software behind choreographed Drone light shows. URL: <https://www.ugcs.com/news-entry/ugcs-ddc-the-software-behind-choreographed-drone-light-shows> (дата обращения: 20.06.2022).
5. Error Causes Mass of Light Show Drones to Tumble Out of the Sky. URL: <https://petapixel.com/2021/06/28/error-causes-mass-of-light-show-drones-to-tumble-out-of-the-sky/> (дата обращения: 20.06.2022).
6. Amazon запускает доставку дронами. Как это будет работать. URL: <https://habr.com/ru/company/pochtoy/blog/455194/> (дата обращения: 20.06.2022).
7. Ключевые отличия автономных БПЛА от обычных дронов, проблемы и перспективы. URL: <https://militaryarms.ru/voennaya-texnika/aviaciya/avtonomnye-bpla/> (дата обращения: 20.06.2022).
8. Коллекция нейронных сетей: 12 базовых. URL: <https://python-school.ru/blog/types-of-neural-nets/> (дата обращения: 20.06.2022).
9. Amazon готова приступить к доставке товаров беспилотниками. URL: <https://3dnews.ru/1067960/amazon-gotova-pristupit-k-dostavke-tovarov-bespilotnikami>. (дата обращения: 20.06.2022).
10. Swarm of micro flying robots in the wild. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.abm5954> (дата обращения: 20.06.2022).
11. Google разработала многозадачную нейронную сеть MultiModel. URL: <https://tproger.ru/news/google-neural-network-multimodel/> (дата обращения: 20.06.2022).
12. Google создаёт нейросеть следующего поколения, Pathways. URL: <https://day1.ru/glavnoe/google-szdajot-nejrost-sleduyushchego-pokoleniya-pathways> (дата обращения: 20.06.2022).
13. Юлий Цезарь в мире ИИ: Google разрабатывает многозадачную ИИ-модель Pathways. URL: <https://habr.com/ru/company/neuronet/blog/587668/> (дата обращения: 20.06.2022).