

Пальчиков Владимир Александрович, студент
ФВУНЦ ВВС «ВВА»
Palchikov Vladimir, student
FVUNTS VVS «VVA»

Поляев Борислав Вадимович, студент
ФВУНЦ ВВС «ВВА»
Polyaev Borislav, student
FVUNTS VVS «VVA»

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ГРУППЕ ДРОНОВ DECENTRALIZED REMOTE CONTROL AT GROUP OF UNMANNED AERIAL COMBAT VEHICLE

Аннотация. В статье представлено описание системы децентрализованного взаимодействия в группе дронов. Анализируется поведение беспилотников при обзоре пространства и облёте видимых и невидимых препятствий. Рассматривается алгоритм действия БПЛА в схеме их построения на примере полёта по установленным параметрам. Описывается как переход от централизованной системы взаимодействия к децентрализованной влияет на оператора. Выносятся перспективы развития данной технологии с примерами передовых разработок.

Abstract. The article provides a description of the decentralized interaction system in a group of drones. It analyzes the behavior of drones during space survey and avoidance of visible and invisible obstacles. The article examines the algorithm of UAV operation in the scheme of their constructions using the example of flight according to the established parameters. It describes how the transition from a centralized interaction system to a decentralized one affects the operators. The article also presents the prospects for the development of this technology, including examples of advanced developments.

Ключевые слова: БПЛА, децентрализованное взаимодействие, группа (рой), оператор, перспективы.

Keywords: UAV, decentralized interaction, group (swarm), operator, prospects.

Современные способы ведения боевых действий характеризуются интенсивным использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – совокупность механизмов, способных совершать полёт и выполнять задачи без присутствия на борту пилота, всё управление совершает оператор из специальной кабины или с помощью пульта управления (также в разговорной речи применяются: «дрон», «беспилотник», которые мы будем использовать). На данное время происходит усовершенствование применения БПЛА в которой отходят от примитивного: «один оператор – один беспилотник» и приходят к новой тактике полёта группами. Такой метод позволяет одному оператору управлять определённым количеством БПЛА посредством передачи сигналов от управляемого беспилотника к управляемым. Какие процессы происходят при данной тактике управления, как при этом усложняется работа оператора и какие перспективы ожидаются являются проблемой статьи.

Децентрализованное управление – это управление, при котором основной объём вычислений производится не в наземном центре управления, а в дроне. Востребованным в изучении и применении является мультигрупповая (роевая) децентрализованная сеть – это тип архитектуры, который подходит для массового применения дронов. Группа соседствующих дронов образует однотипную сеть. Ближайший «ведущий» дрон связывается с инфраструктурой, связь между любыми двумя дронами в архитектуре децентрализованной сети группы не требует ретрансляции инфраструктуры. Данной структуре характерны следующие принципы:



- Ограниченный обмен данными с ближайшими соседями (по принципу "слышу/вижу только тех, кто рядом");
- Локальное получение информации от своих собственных сенсоров и сенсоров взаимодействующих дронов (камеры, радары).

Каждый дрон запрограммирован на набор простых правил, которые, будучи исполненными всеми агентами, приводят к сложному групповому поведению. Это вдохновлено природой (стаи птиц, косяки рыб). Примером может послужить: Держаться на расстоянии X от соседа или лететь со средней скоростью соседей в радиусе 5 метров, это обеспечивается благодаря боковому расположению сенсорных датчиков, которые позволяют измерять взаимное расстояние и среднюю скорость относительно «ведущего» или «ведомых» в рое, тем самым подстраивая свои параметры следования.

Важным элементом в роевом использовании БПЛА является возможность избегать столкновений с ближайшими объектами. Сигналы, посылаемые дронами, улавливают на расстоянии 1-2 км. возможные препятствия, полученная информация от множества БПЛА отождествляется в «ведущем» и рассылается по «ведомым», тем самым получается цельная картина расположения объектов на местности. Облёт препятствий выполняется из предварительных вычислений каждым беспилотником своего оптимального маршрута на основе полученной информации об объектах на пути. Расчёты рассылаются каждому БПЛА для выдерживания заданных интервалов и дистанций относительно дрона с препятствием с учётом наличия объектов по маршруту данного беспилотника. Если впереди роя образовалась грозная облачность и возможностей радиосигнала, посылаемого БПЛА, недостаточно для оценки размеров погодного явления информация для её облёта поступает от сопряжённой радиолокационной станции (РЛС) к «ведущему» дрону и от него распределяется по «ведомым».

Полёт БПЛА к заданной цели осуществляется боевым порядком в котором основой построения выступают геометрические формации (линия, круг, клин) и необходимо поддерживать заданную форму на всём пути. Часто для этого используется концепция виртуальной структуры. Принцип основан на запрограммированной к каждому дрону фигуре и месте этого беспилотника в ней, а также на выдерживании заданных параметров. Тут имеется различие в построении боевого порядка:

- если БПЛА вертолётного типа, то взлёт и полёт может осуществляться всем роем в заданном ему построении;
- если БПЛА самолётного типа, взлёт осуществляется одиночно или парами. В этом случае построение боевого порядка будет занимать какое-то время.

Однако всё функционирование БПЛА осуществляется путём передачи информации между элементами в рое, а также взаимодействия с наземными РЛС, что является целью для войск радиоэлектронной борьбы (РЭБ), которые могут нарушить связь беспилотников и привести к срыву выполнения задачи.

На данный момент существует ряд проектов по децентрализованному взаимодействию в рое дронов, одним из которых выступает проект «Хром», в котором группа из 10-20 небольших дронов (квадрокоптеров) способна автономно строить маршрут, облетать препятствия и координировано атаковать цель в режиме полного децентрализованного управления на основе алгоритмов стайного поведения. «Хром» представлялся на выставке «Армия-2022». Пока это исследовательский проект.

Рассмотрим как меняется работа оператора при переходе от централизованного взаимодействия, в котором человек самостоятельно управляет БПЛА и координирует все его действия, к децентрализованному, где элементом управления выступает непосредственно беспилотник.

Переход к децентрализованному управлению – это не просто технический сдвиг, это смена парадигмы в человеко-машинном взаимодействии. Оператор из активного "игрока" на поле превращается в "тренера", который ставит цели, устанавливает правила и наблюдает за роем со стороны, доверяя БПЛА автономно принимать тактические решения.



Это снижает нагрузку на оператора, позволяет управлять гораздо большим количеством единиц техники и повышает отказоустойчивость всей системы, что критически важно для реальных применений: от поисково-спасательных операций до военных миссий и точного земледелия.

Технология децентрализованного управления является на данный момент главным объектом изучения в использовании роевого взаимодействия, но уже существуют проекты перспектив развития этой технологии.

Использование ИИ в децентрализованном управлении дронами – это не просто добавление «умного» алгоритма, а переход от запрограммированных правил к способности учиться, адаптироваться и принимать решения в непредсказуемой среде. В динамичной среде с движущимися препятствиями каждый дрон обучается политике, которая по состоянию среды (его позиция, данные сенсоров, позиции соседей) выбирает оптимальное действие (ускориться, повернуть).

При помощи ИИ роем нужно прийти к единому решению без центрального координатора. Использование нейросети вместо математических формул для усреднения мнений, каждый дрон использует небольшую нейронную сеть. На вход ей подаются состояния соседей, на выходе – решение, которое максимизирует общую награду для всего роя.

Ярким примером перспективного роевого взаимодействия выступает США с программой DARPA Gremlins. Его суть состоит в децентрализованном рое дронов для разведки и РЭБ, запускаемый с самолета-носителя (например, C-130) и способный к возврату и дозаправке. Дроны автономно координируют свои действия для создания единой картины поля боя, подавления связи противника и выполнения других задач.

ИИ превращает децентрализованное управление из системы, способной выполнять лишь заранее предопределенные действия, в адаптивную, самообучающуюся и невероятно устойчивую систему, способную на сложное коллективное поведение.

Таким образом, в децентрализованном взаимодействии группы (роя) дронов происходит множество процессов, отвечающих за движение, координацию и расчёты. Операторы, при управлении роем, становятся не управленцами, а наблюдателями и координаторами в общей среде БПЛА, которые, впоследствии будут оснащены искусственным интеллектом с возможностью автономного планирования своих действий и беспрепятственного обхода радио-помех.

Список литературы:

1. АБЛЕЦ А.А., СТРЕБКОВ А.Н., ЗАВГОРОДНЯЯ Е.В. Опыт создания роя БПЛА в вооруженных силах иностранных государств //ВОЕННАЯ МЫСЛЬ № 6 – 2022 С. 137-146
2. Интерфакс: "Калашников" представил комплекс "Стена" для борьбы с дронами [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: (<https://www.interfax.ru/russia/784466>) (дата обращения 12.09.2025)
3. РИА Новости: В России создали первый комплекс роевого взаимодействия беспилотников "Свет-КУ" [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: (<https://ria.ru/20220620/kompleks-1797082354.html>) (дата обращения 12.09.2025)
4. Централизованные, децентрализованные и распределенные сети: что это такое? [Электронный ресурс] – Режим доступа URL: <https://bytwork.com/articles/vidy-sitey#toc---> (дата обращения 12.09.2025)

