

УДК 623:005

# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВЫБОРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

**В.К. Абросимов**

*ФГКУ «Главный научно-исследовательский испытательный межвидовой центр  
перспективного вооружения»*  
Россия, 129327, Москва, Чукотский проезд, 10  
E-mail: avk787@yandex.ru

**А.Х. Келоглян**

*ФГКУ «Главный научно-исследовательский испытательный межвидовой центр  
перспективного вооружения»*  
Россия, 129327, Москва, Чукотский проезд, 10  
E-mail: artyom.keloglyan@mail.ru

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, выбор, свойства объекта управления, онтология, постановка задачи, тактико-технические характеристики.

**Аннотация:** Разработан программный комплекс выбора беспилотного летательного аппарата для выполнения широкого спектра постановок практических задач в гражданской и военной области. В основу положена онтология предметной области «беспилотные летательные аппараты», описывающая такие сущности как «целеполагание», «роль», «тактико-технические характеристики» и др. Наличие связей сущностей, с использованием отношений сущностей, правил, содержащихся в онтологии и машины логического вывода, генерируют новые узлы в онтологии и связи между ними, обеспечивается выбор беспилотного летательного аппарата (БЛА) или структуры группы БЛА, наиболее эффективно решающих поставленную задачу или миссию.

## 1. Введение

В последнее время тематика БЛА активно развивается. Сейчас фиксируются три основных тренда:

- миниатюризация;
- расширение диапазона применения, в том числе военного;
- упрощение конструкции.

Несмотря на обилие конструкций БЛА, спектр решаемых ими задач принципиально ограничен. В гражданской области к основному целеполаганию относятся всего три задачи: мониторинг территории с целью получения разнообразной информации и контроля различных процессов (см. пример [1]), проведение определенного вида работ с воздуха (в частности, в сельскохозяйственной деятельности [2]) и доставка груза [3]. Военная сфера деятельности добавила к возможностям БЛА задачу уничтожения заданных целей (так называемые ударные БЛА [4]). В меньшей мере, прежде всего в силу высокой уязвимости, рассматриваются задачи использования БЛА в качестве ретрансляторов сигналов [5]. В стадии осознания необходимости и оценки принципиальной эффективности находятся вопросы использования БЛА малого

класса в составе гетерогенной группы в качестве ложных целей, имитирующих в совокупности по своей эффективной поверхности рассеивания крупных целей (крылатые ракеты, небольшие самолеты и др.) [6].

Задачи БЛА могут выполняться как в одиночку, так и в группе. При функционировании группы для БЛА появляются новые задачи управления группой [7].

Каждый БЛА обладает определенными свойствами, которые определяются его техническими характеристиками. К числу основных характеристик БЛА отнесем дальность действия, степень автономности, надежность и функциональность. Эти свойства/характеристики должны учитываться при выборе конкретного образца для выполнения определенной миссии и назначения ему соответствующей роли.

Возникает важная практическая задача — как из группы имеющихся в наличии БЛА выбрать объект управления, в наибольшей степени отвечающий поставленной миссии отдельному аппарату или группе? В работе демонстрируется возможность применения онтологического подхода для формализации и решения такого рода задачи.

## 2. Построение онтологии специальной предметной области

Онтологии являются разновидностями графовых моделей. Они представляют собой формальную спецификацию, состоящую из иерархии понятий предметной области, связей между ними и ограничений, которые действуют в рамках этой модели. Термин «онтология» связывают с термином «граф знаний», указанное преобразование происходит при наполнении онтологии экземплярами понятий. В соответствии с [8] при разработке онтологий сущностями являются объекты, подлежащие восприятию или осмыслению, классами — расширения общих сущностей, отношениями — способы связей сущностей, атрибутом сущности — поименованная характеристика, являющаяся некоторым свойством сущности, экземпляр атрибута — определенная характеристика (значение) конкретного атрибута сущности, значение атрибута аксиомами — утверждения (предложения на естественном языке или формулы на формальном языке), которые считаются истинными и служат предпосылкой для дальнейшего обоснования. Сущностями в рассматриваемой предметной области являются следующие понятия.

Целеполагание, раскрывающее содержание решаемой задачи (для одиночного БЛА) и миссии (для группы БЛА). Классами целеполагания является его расширение на спектр перечисленных выше задач для БЛА. Свойствами классов целеполагания являются требования, раскрывающие параметры решаемой задачи. Так, для мониторинга местности существенными параметрами будут являться площадь обследуемой территории и продолжительность проведения мониторинга. Для ударного БЛА основным параметром является наносимый ущерб противнику. Существенно, что указанные параметры могут быть как выполнимыми, так и невыполнимыми — в зависимости от характеристик БЛА. В онтологической модели раскрыты все такие параметры по каждой из решаемых задач.

Роли БЛА. Роли, как правило, назначаются в группах БЛА. Исходя из изложенного, могут быть назначены следующие роли: «Разведчик», «Рабочий», «Курьер», «Камикадзе», «Ретранслятор», «Имитатор», «Лидер». Их смысл понятен из названий.

Тактико-технические характеристики БЛА. К числу основных отнесем перечисленные выше: дальность действия, степень автономности, надежность и функциональность. При этом по значимости в зависимости от ролей они могут отличаться. Так для воздушного наблюдения и сбора данных (роль «Разведчик») приоритетными свойствами являются автономность, дальность/длительность полета,

надежность связи, компактность и скрытность, безопасность данных, адаптивность к различным ситуациям. Для роли «Камикадзе» приоритетными свойствами являются дальность полета, высокая маневренность, компактность и скрытность, безопасность связи, автономность, устойчивость к помехам и др. Классы таких сущностей могут выражаться в разных шкалах. Так, максимальная дальность и надежность выражается на числовой шкале, степень автономности — на нечеткой лингвистической шкале. Классами функциональности являются конкретные семантические понятия — вероятность распознавания, выполняемая работа в единицу времени, продолжительность непрерывной работы, оперативность доставки, вес доставляемого груза и др. В онтологической модели раскрыты все параметры по каждой из указанных сущностей.

Для связи сущностей используются следующие отношения.

- Целеполагание — Определяет — Роль.
- БЛА — Назначается — Роль.
- Роль — Реализует — Функции.
- БЛА — Обладает — Характеристиками.
- Характеристики — Имеют — Значения и др.

В настоящей работе средствами программного комплекса Protégé построена прикладная онтология предметной области «Беспилотные летательные аппараты» с описанием сущностей «Целеполагание», «Роли БЛА», и «Тактико-технические характеристики БЛА». В расширенной версии статьи указанная онтология будет приведена в виде ориентированного графа и на формализованном языке описания онтологий — OWL.

Для конкретных БЛА невозможно поставить в соответствие определенные свойства, которые необходимы для решения поставленных задач. Наиболее вероятно это будет совокупность свойств с различными значениями коэффициентов реализуемости, в зависимости от характера решаемой задачи, так как любой образец так или иначе обладает практически всеми свойствами.

Потенциальный пользователь разработанной онтологии, скачав разработанное программное обеспечение, получает возможность задать постановку задачи (миссии), указав целеполагание и требования по параметрам ее решения. Онтология связана с базой данных, содержащей информацию об имеющихся в наличии БЛА с описанием их тактико-технических характеристик. С использованием отношений сущностей, правил, содержащихся в онтологии и так называемого «ризонера» (машины логического вывода, генерирующей новые узлы в онтологии и связи между ними) обеспечивается выбор БЛА или структуры группы БЛА, наиболее эффективно решающих поставленную задачу или миссию.

### 3. Заключение

На практике часто возникает, на первый взгляд, достаточно простая задача выбора из группы имеющихся в наличии такого (или таких) БЛА, который наиболее эффективно способен выполнить поставленную задачу. Случайный выбор не всегда оптимален, так как приводит к решению задачи объектами управления, возможности которых не всегда адекватны условиям выполнения миссии. Вместе с тем, существуют устойчивые связи понятий «целеполагание» — «роль», «эффективность выполнения задачи» — «ресурсы БЛА» и др., а также логические правила, которые могут использоваться для принятия необходимых решений.

В работе средствами программного комплекса Protégé построена в виде ориентированного графа и сопровождающего его формализованном языке описания

онтологий — OWL прикладная онтология предметной области «Беспилотные летательные аппараты». Она является основой программного комплекса выбора беспилотного летательного аппарата для выполнения широкого спектра постановок практических задач в области мониторинга местности, проведения разнообразных работ в воздухе и на земле, доставки грузов, а также решения военно-технических задач.

## Список литературы

1. Овчинникова Н.Г., Ниценко И.А. Использование беспилотных летательных аппаратов в мониторинге водных объектов // Экономика и экология территориальных образований. 2022. Т. 6, № 1. С. 87-94.
2. Зубарев Ю.Н., Фомин Д.С., Чашин А.Н., Заболотнова М.В. Использование беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2019. № 2. С. 47-51.
3. Матюха С. В. Беспилотные авиационные системы в грузоперевозках // Транспортное дело России. 2022. № 1. С. 141-143.
4. Ананьев А.В., Иванников К.С., Петренко С.П., Филатов С.В. Модель оценки эффективности комбинированного разведывательно-ударного (огневого) контура на базе ударных беспилотных летательных аппаратов малого класса и основных средств поражения // Воздушно-космические силы. Теория и практика. 2021. № 17. С. 10-24.
5. Бердников С.М., Гончарук А.Н., Барагузина В.В. Использование беспилотных летательных аппаратов в качестве ретрансляторов радиосигнала при проведении радиотелеметрических измерений // Военная мысль. 2022. № 11. С. 80-84.
6. Абросимов В.К. Михайлова Е.С. Методы формирования пространственно-временных скоплений объектов в недружественной среде // Автометрия. 2023. Т. 29, № 4. С. 11-19.
7. Чжу Ю. Формирование управления полетом группы беспилотных летательных аппаратов на основе алгоритма многоагентной модели роения // Информатика, телекоммуникации и управление. 2022. Т. 15, № 4. С. 22-36.
8. ГОСТ Р ИСО/МЭК 21838-1-2021 Информационные технологии. Онтологии высшего уровня. Часть 1. Требования. Дата введения 2022-04-30.