

Заключение. Таким образом, на примере алгебраического уравнения пятой степени показано современное состояние проблемы точного аналитического нахождения кратных корней, очерчен круг нерешенных задач в этой области.

1. Чернявский, М.М. Модификация формул Эйткена и алгоритмы аналитического нахождения кратных корней полиномов / М.М. Чернявский, Ю.В. Трубников // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2021. – № 1 (110). – С. 13–25.

2. Трубников, Ю.В. Локализация и нахождение решений трехчленных алгебраических уравнений / Ю.В. Трубников, М.М. Чернявский // Математические структуры и моделирование. – 2020. – № 2 (54). – С. 65–85.

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ СЕЛЕКЦИИ МАЛОРАЗМЕРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ПТИЦ

Чигряй В.Г.,

*слушатель магистратуры кафедры автоматизируемой радиолокации
и приема-передающих устройств УО «ВА РБ», г. Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель – Храменков А.С., канд. техн. наук, доцент*

На основании анализа вооруженных конфликтов недавнего времени [1], можно отметить широкое применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Беспилотный летательный аппарат представляет собой дистанционно-пилотируемый летательный аппарат, что является его существенным преимуществом по сравнению с представителями пилотируемой авиацией. Типовыми задачами боевого применения БПЛА являются: ведение воздушной разведки, нанесение ударов по наземным объектам и т.д. Следует отметить, что в тактику действий воинских подразделений и террористических группировок прочно вошло применение малоразмерных БПЛА на малых (предельно малых) высотах [2]. Основные сложности противодействия малоразмерным БПЛА обусловлены небольшим значением ЭОП и схожестью сигналов, отраженных от БПЛА и дискретных мешающих отражений (отражений от подстилающей поверхности, дискретных местных предметов, птиц, гидрометеоров, «ангелов-эхо» и др.). При этом существенный вклад в формирование дискретных мешающих отражений на малых и предельно малых высотах оказывают отражения от птиц. Таким образом, целью доклада является рассмотрение отличительных признаков селекции малоразмерных БПЛА и птиц.

Материал и методы. В качестве малоразмерного БПЛА рассматривается беспилотный летательный аппарат, осуществляющий полет на малой высоте, управляемый оператором либо осуществляющий автономный полет, имеющий эффективную поверхность рассеивания $0,1 \text{ м}^2$ и менее.

Для выделения признаков селекции малоразмерных БПЛА и птиц используется комбинированная система [2]. Она включает в себя: радиолокационный модуль (радиолокатор, обеспечивающий возможность обнаружения, измерения координат и параметров движения маловысотных воздушных объектов, автоматического сопровождения траекторий целей в заданном секторе); оптико-локационный модуль и модуль радиоэлектронной борьбы. Комплексное построение системы позволяет снизить вероятность ложной тревоги и повысить общую эффективность селекции целей. Предполагается, что цель обнаружена и находится на сопровождении.

Результаты и их анализ. В зависимости от вида используемой информации, комбинированная система обнаружения маловысотных объектов обеспечивает возможность выделения следующей совокупности признаков селекции малоразмерных БПЛА и птиц (рисунок 1).

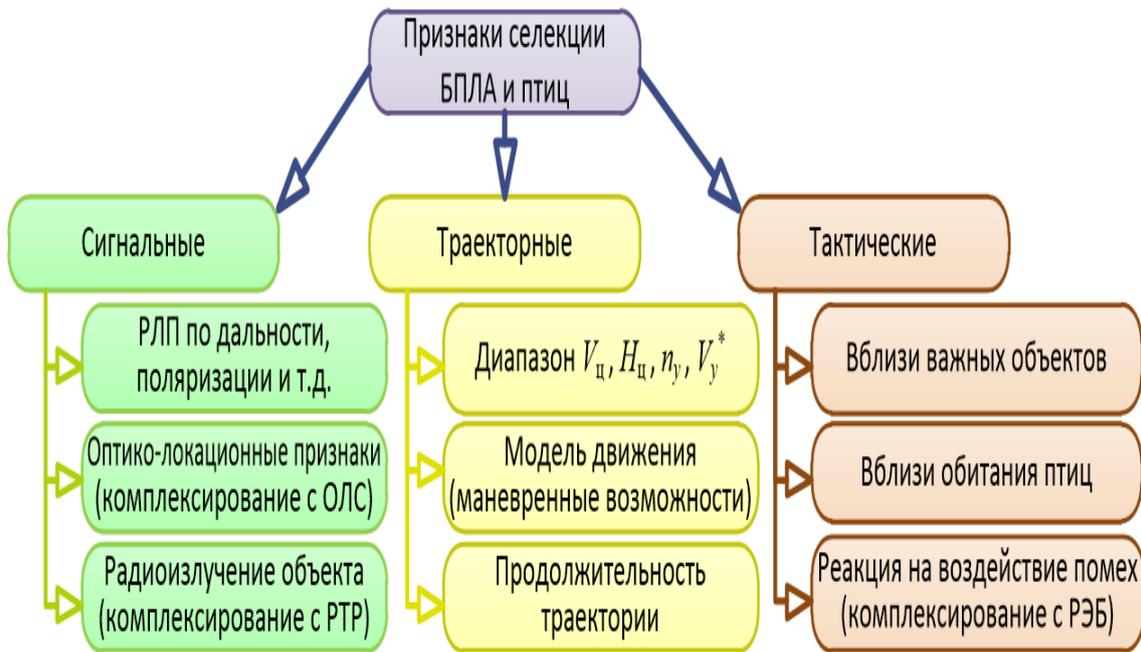


Рисунок 1. – Признаки селекции малоразмерных БПЛА и птиц

Подход к решению задачи селекции на основе сигнальных признаков получил наибольшее распространение при использовании радиолокационных портретов (РЛП) [3]. В зависимости от рассматриваемой координаты пространства наблюдения для селекции малоразмерных БПЛА и птиц могут использоваться следующие РЛП: флуктуационный, частотно-коррелированный, частотно-резонансный, поляризационный, мощностью, дальномерный, спектральный и картинный [3]. Использование отличительных признаков, полученных с помощью оптико-локационной системы (ОЛС) обеспечивает повышение эффективности селекции. Оптико-локационные признаки, как правило, формируются при использовании данных фотографической, телевизионной, лазерной или инфракрасной разведок. Выделение признаков собственного радиоизлучения целей производится на основе результатов работы средств радиотехнической разведки (РТР). В качестве источника радиоизлучения могут выступать радиоэлектронные средства управления, связи и передачи данных, бортовая и наземная аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем (СРНС), средства постановки помех.

Траекторные признаки несут информацию о закономерностях движения и параметрах траектории наблюдаемых объектов [4]. К траекторным признакам относятся текущие координаты, скорости и ускорения их изменения, характеристики маневра целей, а также продолжительность существования траектории. При классификации аэродинамических объектов используются совместно измеренные значения полной скорости цели ($V_{ц}$) и высоты ее полета ($H_{ц}$), для описания маневренных возможностей цели используются располагаемая нормальная перегрузка (n_y) и энергетическая скороподъемность (V_y^*). Следует отметить, что продолжительность наблюдения сопровождаемой траектории может выступать в качестве классификационного признака. Однако время наблюдения траекторий БПЛА и птиц могут быть соизмеримы.

Среди тактических признаков классификации БПЛА и птиц можно выделить: применение БПЛА вблизи важных объектов гражданского и военного назначения, наличие ДМО вблизи районов обитания птиц, реакция БПЛА на воздействие помех управлению. Признак применения БПЛА вблизи важных объектов и наличие ДМО вблизи районов обитания птиц позволяют, на основании карты местности прикрываемого района и ор-

нитологических карт вероятностного распределения птиц на местности, определить априорные вероятности появления БПЛА и ДМО. Высокая априорная вероятность применения БПЛА характерна для районов командных пунктов, мест дислокации вооружения и военной техники, складов с боеприпасами и т.д. В тоже время, априорная вероятность наблюдения птиц высока вблизи водоемов, садов, посевов зерновых и т.п. Основным способом борьбы с БПЛА является применение средств радиоэлектронного подавления. При постановке помех каналу управления или каналу приема сигналов СРНС, изменяется траектория полета БПЛА, поскольку он, как правило, прекращает выполнение задания и возвращается к месту вылета. В процессе воздействия помехи на птиц характер их движения не меняется.

Анализ представленных признаков селекции (рисунок 1) позволит повысить качество радиолокационного наблюдения малоразмерных БПЛА.

1. Новичков, Н.Н. Боевое применение беспилотных аппаратов в Нагорном Карабахе / Н.Н. Новичков, Д.И. Федюшко. – 1-е изд. – М.: ОАО «СТАТУС», 2021. – С. 5-45.
2. Филин, Е.Д. Методы обнаружения малоразмерных БПЛА на основе анализа электромагнитного спектра / Е.Д. Филин, Р.В. Киричек // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2018. – Т. 6, № 2. – С. 87–93.
3. Охрименко, А.Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба / А.Е. Охрименко. – М.: Воен. издат., 1983. – Ч. 1. – 456 с.
4. Солонар, А.С. Синтез устройства межобзорной селекции движущихся целей для радиолокаторов кругового обзора, учитывающего распределение принятого сигнала по пространству наблюдения радиолокационного наблюдения / А.С. Солонар, П.А. Хмарский // Вестник ВА РБ. – 2015. – №2. – С. 134–149.