

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы на тему:

«Исследование акустического распознавания данных для эффективного обнаружения БПЛА»

представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности "6D071900 - Радиотехника, электроника и телекоммуникации"

УТЕБАЕВА ДАНА ЖОЛДЫБАЙКЫЗЫ

Общая характеристика работы. В данной диссертации исследуется разработка системы обнаружения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на основе распознавания акустических данных. Распознавание акустических сигналов БПЛА проводилось с использованием частотных характеристик Мелспектрограммы и изучалось с использованием нейронной архитектуры на основе «Gated Recurrent Neural Network».

Актуальность работы. В последние годы беспилотные летательные аппараты (БПЛА) получили широкое распространение и стали очень популярными. Использование этих небольших устройств, также называемых дронами, растет день ото дня, особенно для таких целей, как детские игрушки, развлечения для взрослых, фотосъемка, видеонаблюдение в труднодоступных местах, агрономия, военная разведка, доставка и транспортировка. Его повышенные технологические возможности, в том числе более длительное время полета, возможность гибкой фото и видеосъемки с разных ракурсов, а также возможность беспрепятственного входа в различные зоны, являются основным фактором их более широкого использования людьми. Также за последнее десятилетие массовое производство беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) по доступным ценам привело к проблеме постоянного использования этих аппаратов в различных сомнительных и рекреационных целях. Небрежное или деструктивное использование этих транспортных средств подвергает опасности людей, их жизни, охраняемые учреждения и международные границы. Эти обоснования учитывают тот факт, что БПЛА становятся все более опасными. Также имели место инциденты с БПЛА на границах и территориях стратегических объектов в стране. Более того, беспилотники, используемые в развлекательных целях и в качестве детских игрушек, нанесли значительный ущерб во всем мире. То есть, есть много случаев повреждения, вызванного неправильным управлением. В целом, причины невозможности рационального использования этих транспортных средств более подробно рассматриваются во многих исследовательских работах. Таким образом, высокая частота несанкционированных полетов

БПЛА требует разработки надежных систем обнаружения дронов в режиме реального времени для охраняемых территорий. Поэтому данные системы обнаружения несанкционированного использования БПЛА становятся все более актуальными. В частности, в зданиях таких учреждений, как детские сады, больницы, университеты, администрации, министерства, приграничных районах страны, заповедных территориях, где расположены военные базы, водохранилища, защищающих крупные города от таяния снега, сельскохозяйственных угодьях. Чтобы остановить распространение нелегальных дронов в ограниченных и охраняемых ключевых регионах, растет спрос на исследования мер безопасности, основанных на системах обнаружения дронов. Как правило, на рынке исследований и разработок (НИОКР) БПЛА система обнаружения дронов изучается на основе следующих четырех основных методов: радиолокационная разведка, обнаружение с помощью камеры, обработка радиочастотного сигнала и обнаружение прослушивания акустическим датчиком. Вышеупомянутые инциденты с БПЛА требуют подготовки системы распознавания, включая распознавание их положения, состояний нагрузки и моделей во время полета в соответствии с их зонами защиты. Именно поэтому метод интеллектуального акустического сенсора актуален в силу его технических возможностей для распознавания таких протяженных объектов.

Цель исследования. Целью данной диссертации является исследование эффективного метода распознавания акустических данных БПЛА.

Задачи исследования. В исследованиях данной диссертации поставлены три основные задачи:

1. Подготовка и адаптация акустических данных БПЛА и их различных состояний.
2. Разработать эффективную систему реального времени, которая интегрирует этап обработки акустических сигналов в архитектуру глубокого обучения.
3. Изучение возможности распознавания акустических данных БПЛА с помощью сетей глубокого обучения, таких как CNN, SimpleRNN, LSTM, BiLSTM и GRU.

В первой задаче звуки БПЛА были проверены в разных состояниях, таких как «Незагруженный» и «Загруженный». Звук загруженных БПЛА записывался в состоянии, когда они требовали полезную нагрузку во время полета с большим весом. Звуки окружающей среды в различных сценариях и объектах с повышенным моторным шумом записывались как "фондовый шум". Также были проведены анализы различных серий моделей БПЛА.

Во второй задаче обработка акустических сигналов БПЛА была объединена в архитектуру сетей глубокого обучения.

В третьей задаче изучались алгоритмы глубокого обучения. В частности, все типы рекуррентных нейронных сетей, такие как SimpleRNN, LSTM, BiLSTM и GRU. Эти нейронные сети были исследованы и применены для обнаружения звука БПЛА. Также был проведен сравнительный анализ сетей CNN и GRU, в результате чего было определено преимущество сети GRU для распознавания акустических данных БПЛА.

Методы исследования. Исследование данной диссертации проводилось на основе сочетания аналитических и эмпирических методов. В частности, экспериментальный подход использовался для сбора звуков БПЛА для первой цели исследования. Кроме того, для анализа собранных аудиосигналов использовались быстрый анализ Фурье, кратковременное преобразование Фурье и фильтры спектрограммы “Mel”. Кроме того, для достижения последней задачи широко использовались методы глубокого обучения сверточных нейронных сетей (CNN) и рекуррентных нейронных сетей (RNN).

Новизна данного исследования заключается в разработке модифицированной Мелспектрограммы с интеграцией в архитектуру сети глубокого обучения для распознавания акустических данных БПЛА.

Теоретическая и практическая значимость работы. В этой диссертационной работе были подробно исследованы типы рекуррентных нейронных сетей для распознавания акустических данных БПЛА. Предлагаемая система рекомендуется для систем национальной безопасности, в частности безопасности людей, густонаселенных территорий, аэропортов, правительственных зданий, детских садов, школ, университетов, государственных границ, таможни и стратегических мест.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждены публикациями в журналах, включенных в перечень научных изданий, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, и база данных Web of Science и Scopus; апробация в зарубежной международной научно-практической конференции.

Апробация диссертационной работы. Основные положения данной диссертационной работы были доложены и обсуждены на конференции «Четвертая международная конференция IEEE по роботизированным вычислениям (IRC) 2020 г., (Тайчжун, 2020. – С. 453-458)».

Структура и объем диссертации. Данная диссертационная работа состоит из 5 частей: «Современное состояние: обнаружение БПЛА с помощью акустических данных», «Подготовка акустических данных БПЛА», «Математический взгляд на этап предварительного анализа сигнала во временной и частотной областях», «Методы глубокого обучения для

распознавания акустических данных БПЛА» и «Система распознавания и классификации акустических данных БПЛА в режиме реального времени».