



МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОБОРОННОГО КОМПЛЕКСА  
«КОМПАС»

# ДРОНЫ И БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

ПО ЗАРУБЕЖНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ ИСТОЧНИКАМ

ВЫПУСК • 1, 2025



МОСКВА

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	2
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА В C4ISR .....	3
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА, АВАРИЙНАЯ ПОСАДКА И ИХ ЗАЩИТА.....	4
ПОДЗЕМНЫЕ И ПОДВОДНЫЕ ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫЕ АППА- РАТЫ.....	6
УПРАВЛЕНИЕ БПЛА В ВОЗДУХЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ.....	8
НАВИГАЦИЯ, СВЯЗЬ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЛЕТА БПЛА.....	12
РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА, РАСПОЗНАВАНИЕ БПЛА И ЗАЩИТА ОТ НИХ.....	14
НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ВНЕДРЯЕМЫЕ В БПЛА.....	16
ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В СФЕРЕ КОНТРОЛЯ И БЕЗОПАСНОСТИ .....	23
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ....	27
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ ДИКОЙ ПРИРОДЫ ...	29
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА В СФЕРЕ УСЛУГ .....	36

## ВВЕДЕНИЕ

Представлены материалы организационного комитета DAUS' 2025 по 1-й Международной конференции по дронам и беспилотным системам (DAUS' 2025), проведенной в г. Гранада, Испания, 19–21 февраля 2025 г., организованной Международной ассоциацией частотных датчиков (IFSA) – одной из крупнейших профессиональных, некоммерческих ассоциаций, работающих в сенсорной индустрии с 1999 г. в техническом сотрудничестве с издательством IFSA Publishing (Испания) и медиапартнерами – журналами: MDPI Drones и MDPI Machines (Швейцария), SCIEPublish Drones and Autonomous Vehicles (Китай).

На данном мероприятии были освещены вопросы проектирования, разработки и применения беспилотных систем, включая беспилотные летательные аппараты (БПЛА), безэкипажные подводные аппараты (БЭПА), безэкипажные надводные аппараты (БЭНА), беспилотные авиационные системы (БПАС) и дистанционно пилотируемые авиационные системы (ДПАС).

Тематика конференции охватила широкий спектр тем во всех областях автономных систем, алгоритмов, автоматизированного программного и аппаратного обеспечения, а также приложений, связанных с дронами и автономными системами. Ключевое внимание было уделено интеграции дронов с искусственным интеллектом (ИИ) и применению их в различных сферах.

Все представленные статьи прошли оценку международных экспертов в данной области.

В информационном бюллетене представлены разработки исполнителей из разных стран.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА В C4ISR

*Информационный листок № 1-01*

### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В КАЧЕСТВЕ ВЕДОМОГО ИСТРЕБИТЕЛЯ F-16

Faisal A. Alhosani, James F. Whidborne  
Департамент руководства и контроля, Абу-Даби, ОАЭ  
Университет Крэнфилда, Крэнфилд, Великобритания

Это исследование посвящено разработке и тестированию системы наведения для БПЛА в качестве ведомого истребителя F-16. Критическая оценка автопилота БПЛА выявила области, требующие улучшения, направленные на совершенствование стабильности дрона в целях улучшения точности его системы наведения.

В этой системе используются ПИД-регуляторы (механизмы, автоматически поддерживающие параметры процессов на заданном уровне) для минимизации ошибок при движении вдоль трассы, поперек ее и по вертикали во время стандартных маневров.

Система работала исключительно хорошо при

движении в вертикальном направлении (z), но показала проблемы с надежностью в направлениях вдоль (x) и поперек трассы (y) в условиях ветровых возмущений.

Важным результатом стало выявление новой математической зависимости между командой смещения траектории и ее изменением, что открывает новые возможности для усовершенствования системы наведения. Все полученные во время исследования результаты проложат путь к будущим усовершенствованиям в данной области.

*Информационный листок № 1-02*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ РАЗВЕДКИ ПОЛЯ БОЯ

К. Сковроньска, З. Борковска, В. Стеч  
Компания PIT-RADWAR, Варшава, Польша

Беспилотные летательные аппараты нашли широкое применение в области разведки поля боя. В зависимости от класса платформы аналитики-разведчики могут получать разведывательные данные с датчиков электронно-оптических устройств или радиолокационных систем. Более крупные платформы, в конечном итоге, обеспечат системы ELINT (электронная разведка) и COMINT (коммуникационная разведка).

В документе представлены возможности современных беспилотных платформ в области сбора и

анализа разведывательных данных, полученных с имеющихся датчиков, а также обсуждается работа датчиков, используемых в БПЛА, включая электрооптические (ЕО) или инфракрасные (IR) камеры и радары с синтезированной апертурой.

Представлен пример архитектуры беспилотной платформы mission computer, которая выполняет задачи по сбору и обработке разведывательных данных. Также обсуждается базовый сценарий сбора, обработки и обобщения разведывательных данных.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ БПЛА, АВАРИЙНАЯ ПОСАДКА И ИХ ЗАЩИТА

*Информационный листок № 1-03*

### УПРАВЛЕНИЕ ДРОНОМ С ПОМОЩЬЮ ЕСТЕСТВЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Hironori Hiraishi

Университет Асикага, Асикага, Япония

В этом исследовании предлагается метод управления дроном с помощью естественных движений человека. Оператор надевает очки виртуальной реальности со смартфоном. С камеры БПЛА изображение отображается в очках, и смартфон обнаруживает движение человека с помощью датчиков ускорения и магнитного поля. Когда оператор поворачивает свое лицо или туловище вправо или влево, беспилотник также поворачивается в соответствующую сторону. Аналогично, когда оператор поворачивает свое лицо вверх или вниз, дрон движется вверх или

вниз, и также он соответственно перемещается при движении оператора.

По сравнению с управлением с помощью обычного пульта дистанционного управления было установлено, что данный метод работает лучше. Однако, когда испытуемые ознакомились с данным вариантом, выяснилось, что эти различия оказались относительно небольшими, и был сделан вывод, что данный подход приемлем только для полетов в узких местах.

*Информационный листок № 1-04*

### АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОБФУСКАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА

N. Bergmann, E. Padilla, J. Bauer

Центр кибербезопасности, Вахтберг, Германия

В этом документе рассматривается растущая потребность в защите беспилотных систем (БС) от несанкционированного доступа (НСД), особенно во враждебных сценариях, когда системы захватываются противником и подвергаются обратному проектированию.

Хотя БС играют важную роль как в гражданских, так и в военных приложениях, их уязвимость к извлечению программного обеспечения представляет значительные риски, особенно в контексте алгоритмов на основе искусственного интеллекта, используемых для анализа данных датчиков.

Существующая правовая защита недостаточна, особенно в военном контексте, что подчеркивает

необходимость в технических защитных механизмах. Здесь рассматривается обфускация программного обеспечения как дополнительное решение для его защиты, а также для защиты чувствительных алгоритмов.

В документе представлен обзор текущих методов обфускации, представлена ее модульная и автоматизированная структура и оцениваются ее стоимость и эффективность в предотвращении НСД с помощью измерения быстродействия и проведения исследования. Полученные данные демонстрируют потенциал обфускации как надежной стратегии повышения безопасности БС от захвата злоумышленниками.

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЧКИ АВАРИЙНОЙ ПОСАДКИ БПЛА НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ

Hoseop Lee, Jeonghun Lee, Sungwook Cho, Yeondeuk Jung  
Университет Чхонджу, Чхонджу, Республика Корея  
Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

В этом документе предлагается метод определения точки приземления и руководства аварийной посадкой с использованием карты миссии, основанной на классификации изображений со спутников в чрезвычайных ситуациях, таких как столкновения птиц с БПЛА или с городскими транспортными системами, перемещающими людей по воздуху, дефекты самолета или неотложные медицинские ситуации. Он также направлен на определение безопасной дальности приземления и метода выбора гарантированной приоритетной точки приземления. В этом исследовании изображение маски, сгенерированное семантическим разделением спутниковых снимков на области с препятствиями и без препятствий с помощью

сверточной нейронной сети U-Net, используется в качестве карты миссии. Место приземления первоначально определяется путем определения потенциальной зоны приземления, свободной от препятствий.

Для обеспечения безопасности круговая случайная выборка применяется к участкам с низкой плотностью препятствий в пределах радиуса безопасной посадки с учетом размера воздушного судна. Кроме того, траектория наведения создается путем выбора точки, в которой самолет может приземлиться на кратчайшем расстоянии по прямой с учетом угла захода на посадку. Предлагаемый метод был подтвержден с помощью симуляторов ROS-PX4 и Gazebo.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЕ УПРАВЛЕНИЕ КВАДРОКОПТЕРОМ С НАКЛОНЯЕМЫМ РОТОРОМ, ОСНОВАННОЕ НА НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЯХ ПРОГНОЗИРУЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ

Yanchao Wang, Xu You, Mehdi Baghdadi  
Университетский колледж Лондона, Лондон, Великобритания  
Уханьский технологический университет, Ухань, Китай

В этой статье рассматривается отказоустойчивая стратегия управления, основанная на прототипе квадрокоптера с наклоняемым ротором, использующая нелинейную модель прогнозирующего управления для поддержания как ориентации, так и стабильности положения в случае отказа ротора.

Стратегия управления использует расширенный наблюдатель состояния для прогнозирования отклонений модели после сбоя и корректирует исходную модель на последующем временном шаге, тем са-

мым достигая активного отказоустойчивого управления. Предлагаемый метод оценивается с помощью моделирования и сравнивается как с традиционным квадрокоптером, так и квадрокоптером с наклоняемым ротором без наблюдателя состояния в идентичных условиях. Результаты демонстрируют, что последний может сохранять контроль положения без ущерба для устойчивости по рысканию в отличие от традиционных моделей.

## ПОДЗЕМНЫЕ И ПОДВОДНЫЕ ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫЕ АППАРАТЫ

*Информационный листок № 1-07*

### БИОНИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ РАБОТЫ СОСУДОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПОД ВОДОЙ

M. Golz, T. van Dijk

Берлинский технический университет, Берлин, Германия

Исследование глубин требует инновационных решений для усовершенствования легких и прочных сосудов высокого давления, предназначенных для работы в подводных системах, таких, как автономные подводные аппараты. Данное исследование направлено на уменьшение массы цилиндрических сосудов высокого давления при сохранении их рабочей глубины и внутреннего объема. Всесторонний обзор современных исследований в области бионических конструкций (созданные с использованием принципов и форм, заимствованных у природы)

подчеркивает потенциал экономии материалов и веса.

Моделирование методом конечных элементов используется для оценки характеристик различных конструкций при гидростатическом давлении.

Результаты сравниваются с эталонным проектом, что позволяет получить представление об оптимизированных конфигурациях для повышения эффективности и экологичности глубоководных работ.

*Информационный листок № 1-08*

### АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ДЕМПФИРОВАНИЯ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАНЕВРЕННОСТИ ПОДЗЕМНОЙ СТЫКОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

B. Blum-Thomas, I. Cebulla, S. Ritz

Берлинский технический университет, Берлин, Германия

В данном исследовании оценивается точность коэффициентов гидродинамического демпфирования, относящихся к колебательному движению, которые используются для прогнозирования маневренности подземной стыковочной станции. Для этого анализа используется стандартная модель маневрирования Фоссена, а также упрощенная версия, которая часто используется в приложениях для управления алгоритмами.

Для определения гидродинамических коэффициентов проводятся испытания виртуальной модели с использованием метода моделирования турбулентности — усредненных по Рейнольдсу урав-

нений Навье-Стокса (RANS). Различные подходы к получению коэффициентов тестируются и сравниваются друг с другом. Целью исследования является изучение возможностей и ограничений модели маневрирования с учетом особенностей формы исследуемого транспортного средства, работающего на различных скоростях при движении вперед.

В данной работе показано, что стандартная модель Фоссена и особенно упрощенная версия будут приводить к большим ошибкам при движениях вперед на различных скоростях, и даны предложения по усовершенствованию данной модели.

*Информационный листок № 1-09***КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ ПОДЗЕМНОЙ ДОК-СТАНЦИИ**

S. Ritz, J. Pleger, I. Cebulla, B. Blum-Thomas, E. Rentzow  
Берлинский технический университет, Берлин, Германия

Методическое проектирование безэкипажного подводного аппарата (БэПА) само по себе является сложной и ответственной задачей, особенно, если аппарат имеет нетрадиционную, уникальную форму и инновационную концепцию эксплуатации.

Следовательно, в этом документе показан концептуальный процесс разработки подземной док-станции, которая работает как свободно плавающее дистанционно управляемое транспортное средство, так и дистанционно управляемое буксируемое

транспортное средство. Кроме того, данная станция выполняет активную маневренную часть операции стыковки с БэПА в отличие от обычных операций стыковки, когда, в основном, маневрирует БэПА

Далее в документе рассматривается концепция валидации как важная часть процесса проектирования нового типа транспортного средства, а также концепция контроля в аппаратном и программном обеспечении и ее реализация.

*Информационный листок № 1-10***ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМОЙ ПОДЗЕМНОЙ ДОК-СТАНЦИИ**

I. Cebulla, M. Root, S. Ritz  
Берлинский технический университет, Берлин, Германия

В этой статье рассматривается типоразмер уникального транспортного средства с инновационной формой и концепцией эксплуатации, которое будет выполнять две задачи. Представлена типовая конструкция подземной док-станции, которая работает как свободно плавающее дистанционно управляемое

транспортное средство, так и дистанционно управляемое буксируемое транспортное средство.

В документе описываются особые требования и связанные с ними решения для проектирования подводного аппарата.



## УПРАВЛЕНИЕ БПЛА В ВОЗДУХЕ, ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ

*Информационный листок № 1-11*

### РАЗДЕЛЕНИЕ-РЕИНТЕГРАЦИЯ БПЛА В ВОЗДУХЕ

Jun-Hee Cho, Jong-Bo Shin, Da-Hwon Choi, Yeong-Jun Lee, Jae-Sung Bae  
Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

Концепция PCUAV (материнско-дочерний беспилотный летательный аппарат) относится к системе, которая объединяет «материнский» БПЛА с «дочерним». Достижение успешного разделения-реинтеграции в воздухе между «материнским» и «дочерним» БПЛА требует точного управления полетом и надежного механизма разделения реинте-

грации. Этот документ посвящен проектированию и разработке системы разделения-реинтеграции в воздухе, а также — необходимых механизмов. Для проверки стабильной работы системы и надежности механизма проводятся летные испытания на скорости 15 м/с и высоте 150 м.

*Информационный листок № 1-12*

### ОЦЕНКА ПОДХОДА ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ В ЦЕЛЯХ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РОЕМ БПЛА В ФОТОГРАММЕТРИИ

Karol Piotr Bęben, Robert Głębocki, Mariusz Kacprzak  
Институт авиации, Варшава, Польша  
Варшавский технологический университет, Варшава, Польша

В этой статье предлагается метод, основанный на обучении с подкреплением (категория машинного обучения, при которой агент учится принимать оптимальные решения во взаимодействии со средой) для эффективного управления роем беспилотных летательных аппаратов в фотограмметрии. Используя среду моделирования, разработанную на платформе ROS (предназначена для создания роботизированных систем) для симулятора Gazebo, БПЛА с неподвижным крылом моделируются с учетом реалистичной динамики полета и условий окружающей среды, включая ветер. Алгоритм оптимизации проксимальной политики (PPO) используется для улучшения координации дей-

ствий роя БПЛА, при этом особое внимание уделяется оптимизации пространственного охвата, предотвращению столкновений и энергоэффективности. Этот подход проверяется с помощью специфичных для фотограмметрии задач, таких как создание ортофотоснимков и картографирование местности. Предварительные результаты показывают, что по сравнению с эвристическими подходами, данный метод обучения с подкреплением может повысить эффективность и энергетическую оптимизацию управления роем БПЛА. Однако, необходимы дополнительные исследования, чтобы подтвердить его эффективность в реальных сценариях и изучить его ограничения.

*Информационный листок № 1-13*

### ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ БПЛА НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА A-STAR И ОБХОД ПРЕПЯТСТВИЙ В 3D-МОДЕЛИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Byeongju Kim, Yongduck Yoo, Jung-Ho Moon, Sang-Hyeon Kim, Suhwan Yun  
Университет Чхонджу, Чхонджу, Республика Корея  
Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта Республики Корея, Ыйван, Республика Корея

По мере роста использования БПЛА также активно проводятся исследования в области создания траекторий для них и предотвращения столкновений. Алгоритм планирования траектории, который

необходим БПЛА для обнаружения окружающих препятствий и обхода их, а также для генерации траекторий к целевой точке, имеет решающее значение.

В этом исследовании проводятся сравнение и анализ репрезентативных алгоритмов глобального планирования траекторий, и рассматривается алгоритм A-star как наиболее подходящий для сложной среды. Архитектура с открытым исходным кодом PX4 использовалась для управления БПЛА, в то

время как 3D-лидар и датчики глубины использовались для сбора данных. Была построена среда моделирования на платформе ROS2, а маневренность БПЛА в соответствии с алгоритмом 3D A-star была проверена с использованием симулятора Gazebo.

### *Информационный листок № 1-14*

## **АЛГОРИТМ СОЧЕТАНИЯ A-STAR И ИСКУССТВЕННОГО ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПОЛЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ БПЛА**

J.W. Choi, Y.H. Choi

Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

Растущее значение беспилотных летательных аппаратов в таких областях, как военные операции, сельское хозяйство, борьба со стихийными бедствиями, логистика и многих других подчеркивает необходимость в автономных навигационных возможностях для эффективного и безопасного выполнения миссий. Планирование траектории имеет важное значение для автономной навигации БПЛА, поскольку оно позволяет генерировать оптимальные траектории при одновременном устранении ограничений, таких как объезд препятствий. Хотя известно, что алгоритм A-star обеспечивает оптимальные траектории движения, его применение ограничено такими транспортными средствами, как БПЛА, поскольку он часто создает траектории, которые не являются плавными. Напротив, метод искусственно-

го потенциального поля генерирует плавные траектории, но не может гарантировать оптимальность и часто страдает от проблем с локальными минимумами, что приводит к неспособности достичь цели.

В этой статье предлагается алгоритм потенциального поля наведения A-star, который сочетает в себе способность A-star находить оптимальную траекторию с возможностью генерации плавной траектории искусственного потенциального поля.

В результате данный алгоритм генерирует более короткий путь, чем путь A-star, и успешно избегает попадания в ловушку локальных минимумов, что является общей проблемой для метода искусственного потенциального поля.

### *Информационный листок № 1-15*

## **ЭФФЕКТИВНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА БПЛА С ПОМОЩЬЮ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СТАРТОВОЙ ПЛОЩАДКИ**

G. Gasteratos, I. Karydis

Ионический университет, Керкира, Греция

Эффективное планирование траектории движения беспилотного летательного аппарата имеет решающее значение для оптимизации производительности беспилотных летательных систем, особенно в приложениях, требующих широкого охвата и точности.

В этом исследовании рассматривается влияние стратегического позиционирования стартовой площадки на планирование траектории движения беспилотника, подчеркивается его роль в минимизации энергопотребления и повышении эффективности эксплуатации. Используя алгоритм «Задача не-

скольких коммивояжеров» (mTSP), исследование показывает, как изменение положения стартовой площадки может повлиять на назначение и конфигурацию маршрутов БПЛА.

Результаты демонстрируют, что оптимизация расположения стартовой площадки значительно сокращает избыточные расстояния перемещения и повышает общую эффективность миссии. Такой подход подчеркивает важность стратегий адаптивного развертывания при проектировании эффективных и экономичных систем беспилотных летательных аппаратов.

## ЗАДАЧА ВАРИАЦИОННОГО ИСЧИСЛЕНИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩАЯ НАЙТИ ОПТИМАЛЬНЫЙ ПУТЬ МЕЖДУ ДВУМЯ ТОЧКАМИ С УЧЕТОМ МИНИМАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ВОЗДУШНОЙ ПЕРЕВОЗКИ

A.V. Goncharenko, V.V. Iliushyn

Национальный авиационный университет, Киев, Украина

Посвящена решению важной задачи научного обоснования и объяснения применения вариационного исчисления (отыскание минимального или максимального значения функции) при решении простейшей задачи, позволяющей найти оптимальный путь между двумя точками с учетом минимального времени воздушной перевозки как существенного ресурса технологий воздушного транспорта.

Предлагаемая рекомбинация ресурсов основана на оптимальном распределении субъективных предпочтений индивидов, полученном с использованием ключевого момента теории субъективного анализа, связанного с условной оптимальностью энтропии

предпочтений. Предлагается обсудить комбинированную проблему с точки зрения вариационной объективности и субъективности функций предпочтения доступных альтернатив. Это предполагает применение интеллектуальных технологий в промышленности, транспорте и повседневной жизни людей.

Измерения и неопределенность заставляют датчики эволюционировать, что позволяет улучшить работу БПЛА и оптимизировать моделирование с помощью математического соотношения, учитывающего необходимые параметры в реальном состоянии.

## РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ПОЛЕТА БПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ И СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

A. Alamouri, C. Berger, K. Wenzlaff

Институт геодезии и фотограмметрии, Брауншвейг, Германия

Брауншвейгский технический университет, Брауншвейг, Германия

Обеспечение безопасных полетов БПЛА не является чем-то новым и изучалось в литературе, но проблема до сих пор не решена из-за отсутствия достаточных мер безопасности, примененных к дронам, а также их текущей легализации.

Существующие работы по планированию полетов, в основном, выполняются с использованием геоанных и действующих правил эксплуатации БПЛА. Использование только геометрии не дает достаточной информации, необходимой для безопасного планирования траектории. Следовательно, существуют другие идеи (концепции). Например, использование семантической информации,

наряду с геоанными, может улучшить эксплуатационные аспекты. Кроме того, улучшение планирования траектории с помощью семантики может предоставить значимую информацию для расширенного описания текущей обстановки с БПЛА и связанных с ней ограничений (правил). В этой статье представлена структура прототипа веб-приложения для планирования 2D безопасных и полуавтоматизированных маршрутов БПЛА.

Структура состоит из следующих этапов определения характеристик наиболее важных объектов в среде БПЛА; реализация вопросов безопасности; создание прототипа веб-приложения.

*Информационный листок № 1-18***ИНИЦИИРОВАННАЯ ОПЕРАТОРОМ СИСТЕМА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЛЯ БПЛА ПРИ ДЕЗОРИЕНТАЦИИ**

Halil Ibrahim Erbas, Melih Korkmaz, Fikret Caliskan, Resit Demirkiran  
Стамбульский технический университет, Стамбул, Турция

При дистанционном управлении беспилотным летательным аппаратом оператор может столкнуться со многими проблемами. Одной из них является дезориентация (неспособность оператора правильно оценить положение БПЛА), что может привести к опасным последствиям. В боевых реактивных самолетах, когда пилот испытывает дезориентацию, системы восстановления, активируемые пилотом, используются для возврата самолета в горизонтальный полет.

Цель работы — продемонстрировать, что системы восстановления, применяемые в самолетах, также могут использоваться при управлении БПЛА, и обсудить концепцию системы восстановления, инициируемой пилотом и разработанной для беспилотных реактивных самолетов.

Данная система должна обеспечить БПЛА возможность восстановления из любых положений ориентации, когда это необходимо оператору.

*Информационный листок № 1-19***РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ ПОСАДКИ БПЛА В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ «РЮКЗАК» ДВИЖУЩЕГОСЯ АВТОБУСА**

J. Rothe, M. Strohmeier, A. Hilgarth, S. Montenegro  
Вюрцбургский университет, Вюрцбург, Германия  
Аугсбургский технический университет прикладных наук, Аугсбург, Германия.

Проект Sensorama (виртуальный симулятор) направлен на то, чтобы беспилотный летательный аппарат мог полностью автономно приземляться и взлетать с общественного автобуса, чтобы минимизировать время полета на первом и последнем этапах поездки. Это требует преодоления ряда технических проблем, включая планирование траектории и точные алгоритмы управления для посадки на возможно движущееся транспортное средство.

В проекте используется специализированная конструкция «автобусного рюкзака», которая позволяет транспортировать беспилотник вертикально и приземляться ему на убирающемся шасси. Процедура посадки предполагает скоординированное управление БПЛА, автобусом и «рюкзаком» с по-

стоянной связью для определения оптимального положения посадки. Усовершенствованные алгоритмы точной посадки были необходимы для удовлетворения высоких требований к точности менее 10 см, особенно при посадке на движущееся транспортное средство.

В этом документе приводится подробная информация о технической реализации, включая проблему оптимизации планирования маршрута, структуру управления и конкретные элементы дизайна, такие как настройка БПЛА и рюкзак для автобуса.

Результаты показывают, что БПЛА приземляется на автобус со скоростью до 8 м/с в симуляторе и 1 м/с — в реальном мире.



## НАВИГАЦИЯ, СВЯЗЬ И ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЛЕТА БПЛА

*Информационный листок № 1-20*

### МУЛЬТИМОДАЛЬНОЕ СОПОСТАВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ БПЛА БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ GNSS

Н. Н. Ahmedelbadawi, Marcin Żugaj

Варшавский технологический университет, Варшава, Польша

Точная локализация беспилотных летательных аппаратов в средах, где отсутствует GNSS, имеет решающее значение для обеспечения автономной навигации и успешного выполнения миссий в различных приложениях. В исследовании представлена инновационная мультимодальная система сопоставления изображений, которая объединяет снимки с БПЛА со спутниковыми данными, включая ортопроецированные изображения цветовой модели RGB (основана на сочетании красного, синего и зеленого цветов), цифровые модели поверхности, индекс пересеченности рельефа, индекс топографического положения и контурные линии. Используя дополнительные и относительно неизменные характеристики данных, основанных на рельефе местности, метод решает проблемы, связанные с изменчивостью окружающей среды, такие как сезонные изменения, условия освещения и облачность, которые часто препятствуют традиционным подходам на основе RGB. Система использует видеоинформацию, полученную монокулярной камерой, установленной на БПЛА, извлекая последовательные кадры изображения для обработки. Кадры сопоставляются с предварительно загруженными спутниковыми снимками или кар-

тами района полета с использованием надежных методов. Алгоритм SIFT (мощный инструмент компьютерного зрения) используется для обнаружения признаков, сопоставляемых на основе алгоритма поиска соответствий FLANN-based, а алгоритм RANSAC используется для отбраковки выбросов и оценки гомографии. Географическое преобразование достигается с помощью библиотеки-переводчика GDAL, что обеспечивает точное выравнивание между БПЛА и справочной картой с географической привязкой. Инструменты с открытым исходным кодом для создания карт, рельефа и т. п. такие как QGIS и WebODM, упрощают анализ справочных карт и генерацию цифровой модели рельефа (DEM), обеспечивая доступность и эффективность обработки данных.

Экспериментальные результаты подтверждают способность платформы значительно повышать точность оценки местоположения БПЛА, демонстрируя ее устойчивость в сценариях, в которых отказывается GNSS. Это исследование продвигает навигацию БПЛА, предлагая надежное решение для локализации, имеющее значение для критически важных приложений в сложных и динамичных средах.

*Информационный листок № 1-21*

### СВЯЗЬ С НИЗКОЙ ЗАДЕРЖКОЙ В КОНЦЕПЦИИ U-SPACE, СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОКОЛОВ PUSH-PULL И PUBLISHER-SUBSCRIBER

Neno Ruseno, Fabio Suim Chagas, Miguel-Ángel Fas-Millán, Aurilla Aurelie, Arntzen Bechina

Университет Юго-Восточной Норвегии, Конгсберг, Норвегия; Вормский университет прикладных наук, Вормс, Германия; Германский аэрокосмический центр (DLR), Брауншвейг, Германия

В рамках концепции U-space эффективная коммуникация между ключевыми организациями, такими как поставщики услуг U-space, поставщики общих информационных услуг и операторы беспилотных летательных аппаратов имеет важное значение для безопасного и эффективного управления операциями БПЛА. Задержка связи является критическим фактором в этой экосистеме, влияющим на оперативность предоставления услуг в режиме реального

времени. Рассмотрена проблема обеспечения связи с низкой задержкой в концепции U-space путем анализа двух протоколов связи — push-pull и publisher-subscriber, чтобы оценить их влияние на задержку между взаимосвязанными системами. Используя тематическое исследование по обнаружению дронов, исследуются задержки при выполнении ключевых оперативных задач, таких как мониторинг соответствия, подтвер-

ждение плана полета и передача предупреждений через систему поставщиков услуг U-space. Полученные данные показывают, что интервал между сообщениями существенно влияет на задержку, но размер полезной нагрузки сообщения оказывает минимальное влияние. Исследование показывает, что протокол push-pull заметно превосходит протокол

publisher-subscriber с точки зрения значения задержки и его изменчивости в тестируемых экспериментальных условиях. Более того, оба протокола демонстрируют достаточно низкую задержку, что соответствует требованиям EASA (Европейское агентство безопасности полетов) к работе БПЛА.

### *Информационный листок № 1-22*

## **ПРОБЛЕМЫ СВЯЗИ ПРИ УПРАВЛЕНИЕ БПЛА И ИХ РЕШЕНИЕ**

J. Bauer, A. Klein, B. Schütz, J. Stoppe

Центр кибербезопасности, Вахтерберг, Германия; Германский аэрокосмический центр (DLR), Брауншвейг, Германия; Институт защиты морской инфраструктуры, Бремерхафен, Германия

В то время как автономность беспилотных систем быстро растет, человеческий надзор остается важным из-за юридических и эксплуатационных ограничений, что делает коммуникацию критическим фактором. В этом документе исследуется влияние задержек связи и ограничений пропускной способности на удаленную работу этих систем. Особое внимание уделяется морским подводным миссиям на большие расстояния, выполняемым с использованием сверхбольших БэПА в качестве мобильных операционных платформ. В таких сценариях нарушения связи, такие как за-

держки, дрожание, ограничение полосы пропускания и потеря пакетов, могут серьезно повлиять на дистанционное управление системой человеком.

Эта проблема решается в контексте БпЛА, которые часто используют связь через буи с несколькими переходами для расширения диапазона дистанционного управления, и предлагается методология эмпирического исследования влияния связи. Посредством предварительных экспериментов с дистанционно управляемыми транспортными средствами собираются реальные данные для дальнейшего анализа и моделирования.

### *Информационный листок № 1-23*

## **НОВЫЙ АЛГОРИТМ СОВМЕСТНОЙ НАВИГАЦИИ БПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Kenan Can Taşan, Ahmet Akbulut

Университет Анкары, Анкара, Турция

Быстрое развитие беспилотных летательных аппаратов произвело революцию в различных отраслях — от логистики до борьбы со стихийными бедствиями. Однако обеспечение надежной навигации в средах, лишенных GNSS, остается постоянной проблемой. В этом документе представлен новый алгоритм совместной навигации БпЛА, разработанный для сценариев с использованием мультиагентных систем управления несколькими беспилотниками. Используя инерциальную навигационную систему INS с поддержкой GNSS и беспроводную ячеистую сеть, предлагаемая система облегчает связь между БпЛА для повышения точности определения местоположения и уменьшения распространения ошибок при отключениях GNSS. БпЛА обмениваются оценками местоположения, информацией в условиях неопределенности и измерениями расстояния с помощью

логики определения времени прибытия (TOA), позволяя вносить взаимные поправки посредством объединения данных с датчиков и фильтрации Калмана (алгоритм, использующий последовательные измерения наблюдений, содержащих случайные шумы и неточности, для оценки истинных значений). Результаты моделирования демонстрируют значительные улучшения в точности определения местоположения, скорости и ориентации по сравнению с автономными решениями INS, подтверждая эффективность алгоритма. Кроме того, платформа отслеживания данных Монте-Карло иллюстрирует масштабируемость и надежность подхода в различных условиях эксплуатации. Предлагаемый метод подчеркивает потенциал совместных стратегий в продвижении навигации БпЛА как для гражданских, так и для военных нужд.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА, РАСПОЗНАВАНИЕ БПЛА И ЗАЩИТА ОТ НИХ

*Информационный листок № 1-24*

### КОНЦЕПЦИЯ МЕТА В КОНТЕКСТЕ U-SPACE ДЛЯ ПРОДВИЖЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ БПЛА С ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРОЙ

Fabian Krause, Pranav Nagarajan

Германский аэрокосмический центр (DLR), Брауншвейг, Германия

U-space — это концепция регулирования будущего воздушного пространства, ориентированная на беспилотные летательные системы. Это требует автоматической связи операторов с обязательными службами в централизованной структуре. Но также необходимо предусмотреть прямую связь между пользовательскими интерфейсами. Концепция U-space могла бы обеспечить основу для развития кооперативного, коллективного понимания общей экосистемы и тем самым помочь в предотвращении рисков. В данном исследовании предлагается рассмотреть концепцию Meta «To Whom It Concerns Service» (TWICS) в контексте U-

space для продвижения безопасной работы БПЛА с децентрализованной информационной структурой. В этом смысле определяется открытый, поддающийся модификации сервис обмена информацией между участниками.

TWICS предоставляет собой экспериментальную коммуникационную инфраструктуру для автоматизированного обмена информацией и площадку, предназначенную для создания, модификации и оценки этих обменов. Приведен пример и далее обсуждаются вышеуказанное предложение, его преимущества и потенциальные «подводные камни».

*Информационный листок № 1-25*

### МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ ВТОРЖЕНИЙ БПЛА

Y. H. Cha, D. S. Jang

Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

Для противодействия угрозам, создаваемым беспилотными летательными аппаратами, в частности, дронами-смертниками, важно создать эффективную региональную систему обороны.

Рассмотрена стратегия управления ресурсами и планирования в рамках многоуровневой системы защиты, направленной на защиту от вторжений БПЛА. Моделируются сценарии перехвата с учетом различных схем полета, включая полеты по прямой и с разворотом. Используя концепцию совместного применения (СП), в исследовании предлагается оптимизированный метод распределения ресурсов между датчиками и зенитными

орудиями в наземной системе обороны ближнего действия, включающей системы вооружения и обнаружения с различной дальностью поражения и разными возможностями. С помощью концепций точного наведения и прямого прохода СП в исследовании рассматриваются способы минимизации ущерба имуществу и делается попытка эффективно решить проблему назначения оружия-цели с использованием эвристических алгоритмов. Полученные результаты демонстрируют, что стратегии, основанные на СП могут значительно повысить эффективность защиты даже в условиях ограниченных ресурсов.

*Информационный листок № 1-26*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ МАРКИРОВКИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДРОНОВ

Sang-Hyeon Kim, Yunuk Han, Byeongju Kim, Gaeun Yun

Университет Чхонджу, Чхонджу, Республика Корея

Представлена новая методика сбора данных, использующая виртуальную реальность для распознавания деталей дронов на основе семантической сегментации изображений. Рассмотрен авто-

матизированный алгоритм маркировки, реализованный с использованием программного обеспечения для 3D-моделирования с открытым исходным кодом для создания виртуальной среды.

Объединив 3D-модели и 360° изображения окружающей среды, была создана фотореалистичная виртуальная среда, в которой парят дроны. Такой подход позволяет автоматически генерировать крупномасштабный набор данных с аннотациями на уровне пикселей для дрона и его ключевых компонентов, что имеет решающее значение

для обучения глубоких нейронных сетей для семантической сегментации изображений. Исследование демонстрирует эффективность предложенного метода путем оценки производительности модели глубокого обучения, обученной на сгенерированном наборе данных.

### *Информационный листок № 1-27*

## **ЗАДАЧИ ЭФФЕКТИВНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ БПЛА**

E. Puertas, Sergio Bemposta, Gerónimo Basso, Borja Monsalve, Ana del Valle Corrales, José Manuel López  
Европейский университет Мадрида, Мадрид, Испания

Растущее присутствие беспилотных летательных аппаратов как в городском, так и в ограниченном воздушном пространстве создает серьезные проблемы для охраны воздушного пространства.

Эффективное обнаружение БПЛА имеет решающее значение для предотвращения несанкционированного доступа, снижения потенциальных рисков и обеспечения соблюдения правил воздушного движения. Недавние достижения в области искусственного интеллекта, в частности, дискриминационных и генеративных моделей, предлагают многообещающие решения, но создают свой собственный набор проблем. Дискриминационные модели искусственного интеллекта, которые превосходно классифицируют известные типы объектов, могут не обладать адаптивностью при обнаружении

незнакомых или уклоняющихся траекторий беспилотных летательных аппаратов, в то время как генеративный искусственный интеллект, разработанный для моделирования распределения данных, может предложить возможности обнаружения аномалий, но часто за счет более высоких вычислительных требований и потенциальных ложноположительных результатов. Это исследование направлено на анализ и решение этих проблем путем оценки производительности как дискриминационного, так и генеративного ИИ при обнаружении беспилотных летательных аппаратов, а также для решения этих проблем путем оценки производительности посредством сравнительного исследования, ориентированного на точность обнаружения, время отклика и адаптивность.

### *Информационный листок № 1-28*

## **НЕРАЗРУШАЮЩАЯ СИСТЕМА БОРЬБЫ С ДРОНАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ YOLOV8 И АЛГОРИТМОМ ФИЛЬТРАЦИИ ЧАСТИЦ**

M.S. Ryu, H.Y. Kim, Y. H. Choi  
Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

Случаи незаконного проникновения дронов на объекты, уязвимые в области безопасности, могут вызвать потрясения в обществе. Одним из решений этой проблемы являются системы защиты от дронов, которые можно разделить на разрушающие и неразрушающие. Разрушающие системы уничтожают незаконные дроны, что может привести к вторичному повреждению.

С другой стороны, неразрушающие системы не уничтожают незаконные дроны, поэтому они менее опасны и могут использоваться в разнообразных ситуациях. Таким образом, в этом исследовании предлагается рассмотреть неразрушающую

систему борьбы с дронами, которая нейтрализует незаконные беспилотники путем захвата.

Существующие системы борьбы с дронами имеют недостаток в низкой точности отслеживания и захвата.

Чтобы решить эту проблему, были использованы модель YOLOv8 (обнаруживает объекты на изображениях и видео) и алгоритм фильтрации частиц (вероятностный метод для оценки состояния динамических систем) с целью дополнения точности отслеживания, и проведена проверка производительности на симуляторе Gazebo, созданного на платформе ROS.



## НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ВНЕДРЯЕМЫЕ В БПЛА

*Информационный листок № 1-29*

### ЛЕГКИЙ, МАЛОМОЩНЫЙ И УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Rintaro Okudera, Yixiao Li, Yutaka Matsubara, Hiroaki Takada  
Нагойский университет, Нагоя, Япония

Беспилотные летательные аппараты трансформируют такие области, как логистика, помощь при стихийных бедствиях и развлечения. БПЛА Nano (весом менее 100 грамм) отличаются более низкой стоимостью, безопасностью и простотой регулирования, но часто имеют ограниченное время полета из-за небольшой полезной нагрузки и высокого энергопотребления системы управления.

Традиционные сопутствующие компьютеры для таких задач, как обработка изображений, могут потреблять в 2-5 раз больше энергии и весить почти вдвое больше, чем контроллер полета, что еще больше ограничивает время полета. В этом исследовании представлен легкий, маломощный и универсальный компьютер-компаньон, основан-

ный на платформе Sony Spresense. Его операционная система реального времени, совместимая с набором стандартов POSIX, многоядерная архитектура и высокая расширяемость делают его подходящим для БПЛА Nano. Оценки программно-аппаратного моделирования Hardware-in-the-Loop (HITL) показывают, что компьютер-компаньон, основанный на платформе Sony Spresense, потребляет всего 1/18 от мощности микрокомпьютера Raspberry Pi 4 Model B при сохранении сопоставимой функциональности. По сравнению с предыдущими исследованиями, данный дизайн преодолевает ограничения в доступности, расширяемости и простоте разработки. Будущая работа должна подтвердить эти выводы в реальных сценариях.

*Информационный листок № 1-30*

### БОЛЬШИЕ ЯЗЫКОВЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БПЛА В ИМИТИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Yizhan Feng, Nichem Snoussi, Jing Teng, Abel Cherouat, Tian Wang  
Технологический университет Труа, Труа, Франция; Северо-Китайский энергетический университет, Пекин, Китай; Европейский технологический университет, Европейский Союз  
Пекинский институт общего искусственного интеллекта, Пекин, Китай

Благодаря быстрому развитию больших языковых моделей взаимодействие человека и дрона приобрело беспрецедентные возможности.

В этой статье предлагается метод, который объединяет точно настроенную модель нейросети CodeT5 с симулятором AirSim на базе Unreal Engine с симулятором БПЛА для эффективного выполнения многозадачных операций с использованием команд на естественном языке.

Такой подход позволяет пользователям взаимодействовать с моделируемыми дронами с помощью подсказок или описаний команд, позволяя им легко получать доступ к статусу БПЛА и контролировать его, значительно снижая порог срабатывания. В симуляторе AirSim можно гибко создавать визуально реалистичные динамические

среды для имитации применения дронов в сложных сценариях. Объединив код, сгенерированный ChatGPT (чат-ботом) с кодом, с написанным разработчиком дрона, удалось точно настроить нейросеть CodeT5 для достижения автоматического перевода с естественного языка на исполняемый код для задач дрона.

Результаты экспериментов демонстрируют, что предлагаемый метод демонстрирует превосходную эффективность выполнения задач и понимание команд в моделируемых средах.

В будущем планируется расширить функциональность модели модульным способом, повысив ее адаптивность к сложным сценариям и стимулируя применение технологий БПЛА в реальных условиях.

*Информационный листок № 1-31***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ МИКРОСЕРВИСОВ И АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОБЛЕГЧЕНИЯ РАБОТЫ РОЯ БПЛА**

D. Carramiñana, L. Rey, R. Arranz, J. A. Besada, A. M. Bernardos  
Мадридский политехнический университет, Мадрид, Испания

Рои из нескольких дронов доказали свою эффективность при ведении наземной разведки, наблюдения и во время проведения разведывательных операций. Однако для того, чтобы увеличить количество БПЛА для решения определенных задач, требуется автоматизировать работу дронов и анализ данных. С этой целью была предложена архитектура микросервисов, облегчающая работу роя за счет применения алгоритмов искусственного интеллекта. В этом смысле гибридное

обучение с подкреплением используется для распределения задач между дронами и планирования их траекторий. Для обнаружения интересных целей и динамической корректировки поведения роя используются алгоритмы компьютерного зрения. Архитектура была протестирована в контролируемой среде внутри помещений, что доказало ее осуществимость и полезность для предоставления оператору актуальной информации о ситуации в полевых условиях.

*Информационный листок № 1-32***МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕБОЛЬШИХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Jinyoung Lee, Jeonghun Lee, Sungwook Cho  
Университет Чхонджу, Чхонджу, Республика Корея

В этом исследовании предлагается метод улучшения обнаружения небольших объектов на изображениях и видео высокого разрешения путем объединения повторного использования неструктурированных ресурсов на основе алгоритма улучшения точности обнаружения объектов SAHI (Slicing Aided Hyper Inference) с многоступенчатым конвейером обнаружения YOLOv8. Повторное использование неструктурированных ресурсов на основе SAHI динамически настраивает области

обнаружения в зависимости от входных условий, оптимизируя производительность в сложных средах, а конвейер YOLOv8 включает в себя обнаружение на основе алгоритма ROI (определение области, представляющей интерес) для повышения эффективности обработки данных в реальном времени при сохранении точности.

Интегрируя эти методы, данный подход решает проблемы обнаружения небольших объектов при различных разрешениях и условиях.

*Информационный листок № 1-33***КОМПОЗИТНЫЙ МАТЕРИАЛ С ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКИМ САМОНАГРЕВОМ И СУПЕРГИДРОФОБНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ ДЛЯ БПЛА**

HanJun Seo, Jungsun Park, Youngwoo Nam  
Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

В ходе этого исследования был разработан композитный материал, сочетающий электротермический нагрев и супергидрофобность с использованием 3D-печати. Материал из ПEEK пластика, усиленный многостенными углеродными нанотрубками (MWNTs), использовался для достижения эффективных электротермических характеристик, в то время как микромасштабные столбчатые структуры, созданные с помощью DLP-печати, обеспечивали супергидрофобные поверхности,

способствуя быстрому удалению капель. Экологические испытания подтвердили, что композит эффективно препятствует образованию льда и обеспечивает эффективную защиту от обледенения. Эти результаты демонстрируют потенциал сочетания инженерных конструкций поверхности с электротермическим нагревом для повышения производительности и безопасности БПЛА и других систем, подверженных воздействию обледенения.

## ОБРАБОТКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ИНФОРМАЦИИ ДАТЧИКОВ БПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ УБЕЖДЕНИЙ И БОЛЬШОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ

S.M. Yusuf, C. Baber, E. Ofek

Бирмингемский университет, Эджбастон, Бирмингем, Великобритания

В этом документе описывается, как беспилотные летательные аппараты могут справляться с неопределенностью в информации, собранной с БПЛА с разнородными датчиками.

Описанный здесь подход сочетает байесовскую сеть убеждений (БСУ) и большую языковую модель (БЯМ). Основной пример использования касается обнаружения лесных пожаров, но также были проведены и лабораторные эксперименты с использованием негорючих предметов. Цвет и форма объектов обнаруживаются и интерпретируются с помощью бортовых датчиков. Изображения с БПЛА также передаются для интерпретации в БЯМ. Ни один из источников не применим иде-

ально во всех ситуациях, поэтому БПЛА требует подтверждения в зависимости от ситуации. Каждый из источников сопоставляется с узлом в БСУ, узел — с отношениями между узлами, предварительно определенными с помощью условного вероятностного распределения, созданного с учетом данных экспертов в предметной области.

В исследовании демонстрируется подход с использованием программируемых беспилотных летательных аппаратов DJI Ryze Tello и скриптов Python для байесовской сети убеждений. Этот подход демонстрирует гибкость, адаптивность и анализ в режиме реального времени и требует минимум данных.

## ПЕРЕДОВЫЕ ВОЛОКНА ДЛЯ БПЛА СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ, СМЕНА ПАРАДИГМЫ

Ryan Nadar, Vijayakumar Varadarajan

Университет Адженкья Д.Й. Патил, Пуна, Индия

В этой исследовательской работе рассматривается использование передовых волокон в технологии БПЛА с особым акцентом на текстиль для корпусных конструкций дронов. Поскольку дроны продолжают развиваться, выбор материалов, повышающих производительность, долговечность и экологичность, становится все более важным.

Традиционно компоненты беспилотных летательных аппаратов для прочности и жесткости изготавливаются из композитов на основе смолы. Однако последние достижения демонстрируют, что некоторые волокна могут достигать исключительных конструктивных характеристик без использования смолы.

В исследовании особое внимание уделяется таким материалам, как кевлар и углеродное волокно, которые при использовании без смолы обеспечивают легкое, но очень прочное соединение для производства дронов. Эти волокна значительно снижают общий вес дронов, повышая эффективность полета, производительность аккумулятора и грузоподъемность. Кроме того, удаление смолы упрощает производственный процесс, сокращает

количество отходов материалов и обеспечивает преимущества для окружающей среды за счет облегчения переработки. Это исследование рассматривает молекулярную структуру этих волокон, демонстрируя как их внутренние свойства, такие как высокую прочность на растяжение и ударопрочность. Также эти волокна могут поддерживать передовые конструкции дронов. Помимо кевлара и углеродного волокна, в исследовании представлены недавно открытые материалы, появляющиеся в результате постоянных инноваций в волоконных технологиях, расширяющих сферу возможностей применения дронов. Полученные результаты показывают, что смешивание этих передовых волокон может дать композитные материалы, которые будут одновременно легкими и высокопроизводительными, что делает их идеальными для компонентов БПЛА следующего поколения. Это исследование закладывает основу для разработки более эффективных, устойчивых и передовых воздушных систем, демонстрируя преобразующий потенциал передовых волокон в революционные технологии БПЛА.

## ВЛИЯНИЕ РАЗМЫТИЯ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

B. van Driel, H. Hildmann, A. Vasulkar, F.G. Fernandez, B. Louwes, J. Bolte

Гаагский университет прикладных наук, Гаага, Нидерланды; Нидерландская организация прикладных научных исследований, Гаага, Нидерланды; Мадридский университет Карлоса III, Мадрид, Испания; Национальный институт общественного здравоохранения и окружающей среды, Билтховен, Нидерланды

Существует естественная связь между скоростью съемки, углом, временем экспозиции и возникающим размытием при движении. Кроме того, размытие влияет на производительность при классификации изображений с использованием беспилотных наземных транспортных средств и значительно меньше влияет на трансформаторы зрения, чем на традиционные классификаторы без трансформаторов.

Этот документ включает исследование движения размытости в контексте сенсорного оборудо-

вания и исследует ее влияние на классификацию растений при использовании самых современных моделей классификаторов.

Показаны результаты, касающиеся аппаратно-зависимых характеристик размытия изображения, а также сравнительная оценка производительности ведущих классификаторов растений. Приводится руководство по принятию обоснованных решений о покупке оборудования для обработки изображений на основе смоделированных входных данных для модели машинного обучения.

## УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЛЕТА БПЛА ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

W. Skarka

Силезский технологический университет, Гливице, Польша

Представлены возможности повышения летной выносливости беспилотных летательных аппаратов с электроприводом за счет использования гибридных систем энергоснабжения на основе фотоэлектрических элементов и аккумуляторных накопителей энергии.

Сбалансированные и оптимизированные системы этого типа позволяют значительно увеличить продолжительность полета БПЛА, а также получить его бесконечную продолжительность в особых случаях.

Описана структура такой системы и взаимосвязь между отдельными подсистемами. Проанализированные случаи включают БПЛА с непо-

движным крылом и сидящие на хвосте.

Показаны результаты моделирования выносливости в полете показывают возможности предлагаемого источника питания и двигательной установки. Методология проектирования на основе моделей использовалась для исследований численного моделирования и для проектирования БПЛА на основе описанных источников питания.

Описываются допущения, лежащие в основе имитационной модели и сценариев полета, а также рекомендации относительно возможности планирования и конструирования полета с целью получения максимально возможной его продолжительности.



## РАЗРАБОТКА НОВОЙ БИПОЛЯРНОЙ ПЛАСТИНЫ ДЛЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БПЛА С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

JuWon Jang, Seung-Gon Kim

Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

Топливные элементы с полимерным электролитом (PEMFC) набирают популярность в качестве альтернативного источника энергии для беспилотных летательных аппаратов с электрическими двигателями благодаря их высокой удельной мощности, работе при низких температурах и другим преимуществам.

Биполярная пластина (БП), ключевой компонент PEMFC, отвечает за равномерное распределение топлива и окислителя, а также — за питание электрического соединения элемента. Обычным параллельным БП трудно распределять реагенты

равномерно, а БП с извилистыми каналами неэффективны из-за потерь давления, вызванных большой длиной данных каналов.

В этом исследовании для решения данных проблем разработана параллельная БП с оптимизированной зоной распределения каналов, по которым движутся потоки газов. Для анализа производительности данной БП была спроектирована элементарная ячейка и выполнено 3D-моделирование.

Производительность также оценивалась путем сравнения экспериментальной БП с обычной с аналогичной площадью.

Информационный листок № 1-39

## ВОДОРОД КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ БПЛА

Jaehyung Choi, Seung-Gon Kim

Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

Для решения проблемы глобального потепления Международная организация гражданской авиации (ИКАО) взяла на себя обязательство значительно сократить выбросы парниковых газов воздушными судами и достичь углеродной нейтральности («чистого нуля») к 2050 году.

В ответ на это все большее внимание привлекают полимерно-электролитные мембранные топливные элементы (ПЭМТЭ), использующие в качестве топлива водород как экологически безопасный источник энергии для электрических двигателей в авиационной отрасли. ПЭМТЭ используют

водород с превосходной плотностью энергии и не требуют сложных систем преобразования энергии. Для небольших военных БПЛА с ограниченным доступным пространством ПЭМТЭ используют тупиковый режим фильтрации, который требует меньшего количества внешних компонентов. Однако в данном режиме примеси, такие как азот и вода, со временем накапливаются в аноде, что требует периодической продувки для их удаления.

Это исследование сосредоточено на анализе мольной доли водорода и изменений напряжения, связанных с продувкой в тупиковом режиме.

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОКСИДНО-КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ ДЛЯ СПУТНИКОВ В УСЛОВИЯХ ОЧЕНЬ НИЗКОЙ ОКОЛОЗЕМНОЙ ОРБИТЫ

Chae-Hwan Lim, Jae-Won Shim, Seong-Haeng Heo, Won-Ho Choi, Young-Woo Nam

Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

Авиакомпания Korean Air, Сеул, Республика Корея

В этом исследовании оценивается потенциал композитов оксид / оксидно-керамической матрицы для применения спутников-невидимок в сложных условиях очень низкой околоземной орбиты (VLEO), которые характеризуются высоким атмосферным сопротивлением, интенсивным термоциклированием, ультрафиолетовым излучением и эрозией атомарным кислородом (АК).

Композиты были изготовлены с использованием оксидных керамических волокон и оксидной керамической матрицы. Материалы были подвергнуты моделируемому экологическим испытаниям, включающим условия VLEO (сверхвысокий ваку-

ум, термоциклирование, воздействие ультрафиолетового излучения и поток АК, сопоставимый с условиями эксплуатации).

Результаты показали, что оксидный керамический компонент эффективно предотвращает эрозию за счет образования защитных слоев, что подтверждено испытаниями на растяжение и измерениями потери массы. Также был разработан композитный материал на основе вспененной керамики, поглощающий электромагнитные волны, обладающий превосходными характеристиками поглощения электромагнитных волн в широкополосной связи.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОТОРОВ БПЛА

C. Paz, E. Suárez, C. Gil, J. Vence, M. Concheiro

Университет Виго, Оренсе, Испания

Целью данного исследования является анализ того, как в БПЛА перекрытие роторов, близость между пропеллерами и скорость вращения влияют на эффективность тяги.

Использовалась экспериментальная установка с двумя идентичными пропеллерами с четырьмя конфигурациями горизонтального перекрытия, четырьмя вертикальными интервалами и скоростями вращения в диапазоне от 3000 до 4500 об/мин, в результате чего было проведено, в общей сложности, 64 сценария испытаний. Результаты показали, что большее перекрытие несущих винтов привело к значительному снижению эффективности тяги нижнего несущего винта, при этом

соосная конфигурация показала среднее снижение на 24,78%. Более высокие частоты вращения усиливают эти эффекты, почти удваивая потерю тяги в диапазоне от 3000 до 4500 оборотов в минуту.

Анализ вертикального расстояния показал, что уменьшение расстояния между несущими винтами увеличивало аэродинамические помехи, достигая максимума в промежуточных положениях.

Эти результаты дают ценную информацию для оптимизации систем с несколькими дронами, подчеркивая важность расположения несущих винтов и частоты вращения для минимизации аэродинамических помех и повышения общей эффективности системы.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЛЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО САМОЛЕТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ С КАНАЛЬНЫМ ВЕНТИЛЯТОРОМ НА БАЗЕ БПЛА СО СМЕШАННЫМ КРЫЛОМ

Eun-gyeol Ha, Jun-Seok Park, Bong-do Pyeon, Jae-Sung Bae  
Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

В этом исследовании разработан каналный вентиляторный электрический самолет вертикального взлета и посадки на базе БПЛА со смешанным крылом и проведены летные испытания.

Чтобы максимально повысить долговечность БПЛА, была выбрана конфигурация смешанного крыла, которая обеспечивает более высокое соотношение подъемной силы и лобового сопротивления по сравнению с обычными конструкциями. Выбранная конфигурация представляет собой каналный вентиляторный самолет подъемно-крейсерского типа. Беспилотник оснащен двумя двигателями и набором пропеллеров, расположенными в центре, электрическими каналными вен-

тиляторами на каждой законцовке крыла и маршевыми двигателями с пропеллерами, установленными на передних кромках каждого крыла. Для аэродинамического проектирования используются два программных средства с открытыми исходными кодами XFLR5 и AVL, которые реализуют метод вихревой решетки, VLM (численный метод, используемый в вычислительной гидродинамике)

Результаты каждого эксперимента были сопоставлены для подтверждения результатов анализа. Также одной из задач являлось утверждение конструкции и характеристик путем проведения летных испытаний.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЕТРА НА ФОТОСЪЕМКУ С БПЛА

E. Aldao, L. Fernández-Pardo, G. Veiga-Piñeiro, P. Domínguez-Estévez, G. Fontenla-Carrera, F. Veiga-López, E. Martín, H. González-Jorge

Институт физики и аэрокосмических наук (IFCAE), Оренсе, Испания  
Университет Виго, Оренсе, Испания

Беспилотные летательные аппараты — это мобильные платформы, на которые воздействуют факторы окружающей среды, такие как турбулентность и порывы ветра.

Эти явления создают неустойчивые силы на летательных аппаратах, потенциально ставя под угрозу их устойчивость и управляемость. Это особенно важно для приложений дистанционного зондирования, таких как фотограмметрия и съемка местности, где стабильное управление полетом необходимо для правильной экспозиции изображения.

Таким образом, в данном исследовании оценивается влияние условий ветра на фотосъемку с БПЛА. Чтобы достичь этого, было проведено моделирование области, представляющей интерес, с использованием геометрической модели, полученной из данных с открытым исходным кодом. Эта информация интегрируется в симулятор БПЛА для оценки влияния ветра на управление ориентацией самолета. Следовательно, производится анализ результирующего размытия при движении на фотографиях в зависимости от высоты полета и настроек камеры.

## ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА В СФЕРЕ КОНТРОЛЯ И БЕЗОПАСНОСТИ

*Информационный листок № 1-44*

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА ФАКТОРОВ БЕДСТВИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ О РИСКАХ ДЛЯ ОХРАННЫХ ЗОН ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ НА ОСНОВЕ 3D-ЦИФРОВОГО ДВОЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ БПЛА

Minkyong Kim

Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта Республики Корея, Кенгидо, Республика Корея

Факторы риска стихийных бедствий в охранных зонах железных дорог из-за изменения климата возрастают. Охранная зона железной дороги, в основном, состоит из зеленых зон, поэтому существует высокая вероятность того, что в будущем в различных местах появятся аномальные признаки, вызванные изменением климата. Увеличиваются такие факторы риска, как потеря уклонов вдоль железной дороги, падение деревьев и наплыв препятствий сверху и снизу. Однако разработка технологии систематического управления для мониторинга факторов риска и принятия мер по уменьшению опасности бедствий является недостаточной.

Данное исследование было проведено для преобразования зон охраны железных дорог в цифровые данные с использованием 3D-цифрового двойного оборудования, такого как дроны и лидар для некоторых участков испытательной железнодорожной линии и для создания высокоточного цифрового набора данных с использованием программного обеспечения Lumion 3D, Infracore и др. Кроме того, для создания системы предупре-

ждения о падении деревьев и зарослях мешающих растений в пределах охранной зоны железной дороги в пилотном режиме была установлена система передачи в мобильное приложение в режиме реального времени информации о датчиках наклона для мониторинга различных переменных, которые могут возникать в условиях уклона в охранной зоне железной дороги.

Это исследование было сосредоточено на трехмерных характеристиках охранной зоны железной дороги, преобразованной в цифровую форму, и обнаружении изменений на месте, а также на технологии передачи данных мобильного приложения, которая позволяет получать предупреждения в режиме реального времени.

Таким образом, технология реагирования на стихийные бедствия, основанная на данных, может адаптироваться к эпохе непредсказуемого изменения климата и помочь создать цифровую платформу, способную упреждающе моделировать различные проблемы, которые могут возникнуть на протяжении всего процесса строительства железной дороги.

*Информационный листок № 1-45*

### МОДЕЛИ РОЕВОГО ПОВЕДЕНИЯ ГРУПП ДРОНОВ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОБОРОНЫ, ОБЩЕСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

H. Hildmann, B. van Driel, A. van Keeken, B. Louwes, A. Vasulkar, J. Valente, F. G. Fernandez, J. Bolte, F. Saffre

Нидерландская организация прикладных научных исследований, Гаага, Нидерланды; Гаагский университет прикладных наук, Гаага, Нидерланды; Мадридский университет Карлоса III, Мадрид, Испания; Национальный институт общественного здравоохранения и окружающей среды, Билтховен, Нидерланды; Высший совет по научным исследованиям Испании, Мадрид, Испания

Сравниваются основные модели роевого поведения групп дронов, описанных в литературе, с подклассом приложений, а именно с приложениями из области обороны, общественной безопас-

ности и гражданской защиты. Данные материалы представляют собой, в первую очередь, обзор литературы, а также мотивированный аргумент в пользу предлагаемого сопоставления.



## НАБЛЮДЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ ДРОНОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОДОЗРИТЕЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ В ОБЩЕСТВЕННЫХ МЕСТАХ

Y.Kondo, P.Y. Mon Kaishi

Ниигатский университет, Нииагата, Япония

В этом исследовании рассматривается использование беспилотных летательных аппаратов, усовершенствованных системой распознаванием жестов на основе искусственного интеллекта, для выявления подозрительного поведения в условиях в общественных местах, когда традиционные камеры наблюдения сталкиваются с ограничениями.

Система использует беспилотники Tello и MediaPipe для распознавания поз с целью обнаружения конкретных подозрительных действий и оповещения сотрудников службы безопасности в режиме реального времени.

Основная цель данного исследования - предоставить гибкое и экономичное решение для наблюдения как в помещениях, так и на улице, особенно в районах, где препятствия или ограничения по установке мешают использованию стационарных камер.

Традиционные системы видеонаблюдения часто сталкиваются со слепыми зонами и высокими затратами на установку, особенно на узких улицах, в сложных пространствах или на временных разовых мероприятиях, таких, как передвижные шоу и общественные собрания. Используя БПЛА, можно решить эти проблемы, предлагая возможности динамического и мобильного мониторинга, которые устраняют слепые зоны. Кроме того, система обнаруживает подозрительные действия на основе предопределенных пороговых значений, обеспечивая своевременное реагирование.

Данное исследование демонстрирует потенциал БПЛА как жизнеспособной альтернативы статическим системам наблюдения, повышая общественную безопасность за счет эффективных, адаптивных и мобильных решений для мониторинга.

Информационный листок № 1-47

## БОРЬБА СО СТИХИЙНЫМИ БЕДСТВИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА, ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ГЕНЕРАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ

N. Neji, M.A. Khan, H. Tabia, H. Menouar

Катарский университет, Доха, Катар

Эффективная борьба со стихийными бедствиями требует быстрого и точного принятия решений, чему часто препятствуют традиционные методы реагирования, которым не хватает масштабируемости, адаптируемости в режиме реального времени и ситуационной осведомленности. Представлена интегрированная система, сочетающая наблюдение с помощью дронов, искусственный интеллект и генеративные модели для улучшения борьбы со стихийными бедствиями.

Платформа использует БПЛА, оснащенные передовыми датчиками (например, GPS, LiDAR и экологическими мониторами) для сбора данных высокого разрешения и оптимизации охвата районов бедствия. Обработка данных в режиме реаль-

ного времени на борту БПЛА обеспечивает немедленное обнаружение аномалий и идентификацию событий, в то время как мультимодальный анализ данных с использованием передовых вычислений обеспечивает всестороннюю ситуационную осведомленность.

Для дальнейшего анализа используются генеративные модели искусственного интеллекта, автоматическое создание подписей к изображениям и генерация полезной информации для групп реагирования на стихийные бедствия. Эта структура оптимизирует время от обнаружения до принятия мер, повышая эффективность реагирования и обеспечивая более быстрое и обоснованное принятие решений.

## РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА БПЛА ДЛЯ БЫСТРОЙ И ТОЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С МЕСТА ПРОИСШЕСТВИЯ ВО ВРЕМЯ ПОЖАРА

Su-Hwan Yun, Won-Hee Park, Duckhee Lee, Tae-Soon Kwon, Chan-Woo Lee

Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта Республики Корея, Ыйван, Республика Корея

Пересадочная станция представляет собой интегрированную пересадочную инфраструктуру для различных видов транспорта, что вызывает опасения по поводу крупномасштабных аварий с пассажирами, включая пожары, из-за ее сложности и большого пешеходного трафика.

В ходе этого исследования был разработан прототип БПЛА для быстрой и точной передачи данных с места происшествия во время пожара с целью минимизации жертв. Первоначальный беспилотник использовал датчики для поддержания высоты и мог контролировать свое положение всего

с помощью двух датчиков, хотя во время дальних полетов возникала задержка управления на 0,5 с. Был разработан второй беспилотник с улучшенной обработкой данных, сократившей задержку до 0,2 с, но добавление оборудования уменьшило максимальное время полета на 2,5 мин. Также было установлено, что увеличение размера винта может увеличить время полета на 15 мин. Дальнейшее развитие поможет снизить количество жертв и ущерб на пересадочной станции и повысить конкурентоспособность технологий пожарной безопасности во всем мире.

## МОНИТОРИНГ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ БПЛА

T.B. Kiema, H. Piet-Lahanier, N. Nej, S. Bouchafa

Университет Париж-Сакле, Париж, Франция

Университет Эври-Валь-д'Эссонн, Эври, Франция

Французский центр аэрокосмических исследований, Франция

Пробки и аварии являются одной из самых больших проблем дорожного движения. Наиболее гибким способом мониторинга дорожного движения и обнаружения инцидентов на дорогах является использование беспилотных летательных аппаратов.

Предлагается подход, основанный на парке БПЛА, чтобы максимально увеличить, во-первых, задачу патрулирования, во-вторых, наблюдение за дорожным движением и, в-третьих, наблюдение за точками интереса. Обеспечивая максимальное наблюдение за дорожным движением, данная си-

стема постоянно обновляет карту вероятностей его состояния. Для этой цели используется задача многоцветового коммивояжера (mTSP) в сочетании с критерием выбора и вероятностной формулой для поддержания в актуальном состоянии карты вероятностей. Стратегия контроля обеспечивается законом о преследовании.

По сравнению с систематическим патрулированием, а именно сканированием, производительность данного метода превосходит сканирующий подход и рассчитана на работу в режиме реального времени.

**ВОССТАНОВЛЕНИЯ СЕТИ ПОСЛЕ КАТАСТРОФЫ С ПОМОЩЬЮ БПЛА**

Y. Qian, R. Young, S. Fallon

Технологический университет Шеннона, Атлон, Ирландия

Стихийные бедствия часто наносят ущерб коммуникационной инфраструктуре, создавая препятствия для спасательных операций и изолируя пострадавшие регионы. Стаи БПЛА появились в качестве быстрого и гибкого средства реагирования для восстановления сетевых служб в этих сценариях. Представлено текущее состояние исследований беспилотных летательных аппаратов в качестве воздушных базовых станций, и особое внимание уделяется типам БПЛА, подходящим для

воздушных базовых станций, показателям производительности, организационным структурам и протоколам связи. Кроме того, в симуляторе NS3 проводится моделирование типичного сценария восстановления сети после катастрофы с помощью беспилотных летательных аппаратов.

В исследовании также рассматриваются проблемы, с которыми сталкиваются базовые станции БПЛА, и потенциальные области применения искусственного интеллекта в этой области.

*Информационный листок № 1-51***РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ТЕРМОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Shashank Pant, Marc Genest, Dmitrii Klishch, Clemente Ibarra-Castanedo, Nicolas P. Avdelidis, Argyrios Zolotas, Xavier P. V. Maldague

Центр аэрокосмических исследований Национального исследовательского совета Канады, Оттава, Онтарио

Университет Лавала, Квебек-Сити, Канада

Университет Саутгемптона, Саутгемптон, Великобритания

Университет Крэнфилда, Крэнфилд, Великобритания

Достижения в области технологий сделали беспилотные летательные аппараты и инфракрасные датчики, устанавливаемые на них, более эффективными и экономичными, расширив их применение в различных отраслях промышленности, хотя обычно используется пассивная термография, а активная термография с использованием внешних источников тепла более эффективна для обнаружения скрытых структурных аномалий.

Активная термография основана на анализе изменения температуры пикселей тепловых изображений с течением времени, поэтому ее внедрение на БПЛА создает проблемы из-за вибраций и нежелательных движений, которые могут вносить ошибки в полученные тепловые изображения.

В этой статье представлены результаты исследования, направленного на разработку системы активного термографического контроля на базе дрона вместе с соответствующим аппаратным обеспечением и обработкой программного обеспечения, которое включает стабилизацию тепловых / оптических изображений, полученных с дрона.

Первоначальная концепция была проверена в лабораторных условиях с наземным источником нагрева, пока беспилотник находился в воздухе.

Эта установка смогла обнаружить скрытые аномалии. Впоследствии были внесены усовершенствования за счет интеграции источника нагрева непосредственно в беспилотный летательный аппарат.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Информационный листок № 1-52*

### ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ШАХТ В ЮЖНОЙ ИСПАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОГО ДАТЧИКА НА БАЗЕ БПЛА

Raúl Moreno-González, Melisa Isgró, María Dolores Basallote, Luis Barbero  
Институт морских исследований (INMAR), Пуэрто-Реаль, Испания  
Университет Кадиса, Пуэрто-Реаль, Испания  
Институт морских наук Андалусии, Пуэрто-Реаль, Испания

Добыча сульфидов является значительным источником загрязнения водотоков, особенно в заброшенных районах добычи полезных ископаемых. В этом исследовании используются гиперспектральные датчики, установленные на БПЛА для анализа вторичных минералов, образующихся в засушливый сезон на заброшенной шахте в Пиритном поясе Иберийских островов (Южная Испания) и для оценки количества загрязняющих веществ, выделяющихся при их растворении осенними дождями. Идентифицированные минералы включают розенит, копияпит, феррикопияпит, ярозит, кварц (покрытый гематитом), гетит, иллит и клинохлор. Копияпит, наиболее распространен-

ный минерал, образует высоловидные наросты вблизи выщелачиваемых пород, в то время как розенит и феррикопияпит встречаются в северных и восточных районах, а ярозит и гетит - в районах, более удаленных от мест выщелачивания, часто превращаясь в гематит.

Оценка содержания металлов, удерживаемых этими вторичными минералами, составляет от 97 до 195 т железа и 24-48 т серы. После периодов дождей вторичный минерал растворяется, и элементы возвращаются в водную фазу.

Гиперспектральные датчики беспилотника обеспечивают точный мониторинг загрязнения в зонах добычи полезных ископаемых.

*Информационный листок № 1-53*

### МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ БЕЗЭКИПАЖНЫХ НАДВОДНЫХ АППАРАТОВ

Paige McCraine, Lee Hathcock, Robert Moorhead, Hobie Boeschstein, James Herman, Hafez Ahmad, Mohammad Shakiul Islam, Abduselam Mohammed Nur, Padmanava Dash  
Научно-исследовательский институт геосистем при Университете штата Миссисипи, Старквилл, США

Исследовательский институт геосистем при Университете штата Миссисипи использует безэкипажный надводный аппарат SeaTrac Systems SP-48 USV для исследования динамики качества и свойств воды в Миссисипском проливе.

Эти БЭНА с большой грузоподъемностью, работающие на солнечных батареях, могут быть сконфигурированы с различными датчиками для измерения таких параметров, как электропроводность, температура, водородный показатель (pH),

мутность, уровень хлорофилла, количество растворенного в воде кислорода и многое другое.

Данные с более высоким пространственным и временным разрешением, собранные вышеуказанными аппаратами, позволяют исследователям получать более четкую картину состояния воды в проливе. Технология безэкипажных надводных аппаратов USV обеспечивает более эффективную, экономичную и безопасную альтернативу традиционным методам сбора данных.



**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЫ**

Jesús Rodrigo-Comino, María Teresa González-Moreno, Lucía Moreno-Cuenca, José Carvajal,  
José María Senciales-González  
Гранадский университет, Гранада, Испания  
Государственный университет Малаги, Малага, Испания

Использование беспилотных летательных аппаратов для анализа процессов деградации почвы, в частности эрозии, доказало свою важность. Это исследование посвящено полетам БПЛА над сельскохозяйственными полями, на которые сильно повлияли деятельность человека и неустойчивые методы управления земельными ресурсами (включая удаление растительности, строительство дорог и инфраструктуры), а также близость к водотокам и крутые склоны.

Такие вмешательства усиливают эрозию и деградацию почв, особенно в контексте реагирования на чрезвычайные климатические ситуации. Недавний пример включает разрушительное воздействие изолированных высокоинтенсивных осадков в провинции Малага, где более 100 мм осадков за один день вызвали значительный перенос наносов через деградированные ландшафты.

Для этого исследования полеты беспилотников проводились над участком выращивания зерновых культур для получения пространственных данных с высоким разрешением.

Впоследствии геостатистические методы были применены для моделирования цифровой модели рельефа путем оценки данных цифровой модели поверхности, которая обеспечивает более точное понимание топографических изменений и динамики отложений.

Результаты этого исследования направлены на информирование и усиление мер по смягчению последствий для сохранения почв и устойчивого управления земельными ресурсами, подчеркивая потенциал дистанционного зондирования с помощью БПЛА как инструмента мониторинга окружающей среды в регионах, уязвимых к деградации, вызванной изменением климата.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ И ОХРАНЫ ДИКОЙ ПРИРОДЫ

*Информационный листок № 1-55*

### ПРИМЕНЕНИЕ ДРОНОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОХРАНЫ ДИКОЙ ПРИРОДЫ

Rick Spaulding

Компания ManTech Advanced Systems International, Бейнбридж, США

На специальной сессии был представлен обзор различных применений и вопросов, связанных с использованием БПЛА в исследованиях, охране дикой природы и управлению ей.

В данной статье кратко излагаются важные моменты, а затем приводится краткое обсуждение нескольких текущих и будущих проблем и возможностей, связанных с использованием дронов в исследовании экологии дикой природы.

Эти проблемы и возможности можно разбить по существу на две группы: те, которые связаны с техническими и аппаратными проблемами самой платформы БПЛА, и те, которые связаны с общественным восприятием дронов, правилами их использования, сбором данных и передовыми практиками по предотвращению и минимизации воздействия на целевые виды дикой природы в результате операций дронов. Кроме того, общение между биологами дикой природы и обмен информацией и уроками, извлеченными из использования дронов, имеет первостепенное значение для успешного использования их в экологии дикой природы. Бесценное общение и обмен успехами и извлеченными уроками происходит через рецензируемые научные журналы, профессиональные общества и конференции, такие как DAUS' 2025.

Профессиональные общества, такие как «Общество дикой природы» и «Рабочая группа по беспилотным летательным аппаратам», способствуют общению между биологами дикой природы из академического, государственного и частного секторов, а также поставщиками дронов. Это взаимодействие улучшает работу дронов не только для улучшения сбора данных и управления ими, но и способствует изменениям и усовершенствованиям в конструкции дронов и сенсорных возможностях, чтобы облегчить эффективное и менее навязчивое использование дронов в экологии дикой природы в целях избежания и сведения к минимуму неблагоприятного воздействия на дикую природу.

Кроме того, и это самое главное, вышеуказанное взаимодействие обеспечивает ценный диалог для повышения осведомленности о БПЛА для проведения работ по управлению дикой природой и обследованию, а также для содействия их безопасному и этичному использованию пользователями в университетах, федеральными органами власти и правительствами штатов, а также частным сектором, включая неправительственные организации.

*Информационный листок № 1-56*

### ПРОБЛЕМЫ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПОЛЕТА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОСМОТРА ОЛИВКОВЫХ РОЩ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БПЛА

V. Papić, M.K. Vasić, T. Sikora

Сплитский университет, Сплит, Хорватия

Мостарский университет, Мостар, Босния и Герцеговина

В этом документе дан обзор проблем, связанных с планированием траектории движения беспилотных летательных аппаратов для осмотра оливковых садов.

Проанализированы стандартные подходы, ограничения и требования для конкретных видов применения, таких как обнаружение плодов оливы и прогнозирование урожайности. Сравниваются

возможные подходы к планированию полетов, а также их преимущества и недостатки. Предложено оптимальное решение и получены выражения для оценки рассматриваемой площади кроны отдельного дерева.

Значения, рассчитанные таким образом с использованием описанного метода обнаружения плодов, позволяют оценить общий урожай.

## КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОХРАНЫ ДИКОЙ ПРИРОДЫ

David M. Bird, Rick Spaulding

Университет Макгилла, Монреаль, Канада

Беспилотные летательные аппараты (они же дроны) быстро завоевывают все большее признание в качестве надежного технологического инструмента для биологов и менеджеров дикой природы по всему миру.

По сравнению с использованием легких самолетов или вертолетов с экипажем, дроны представляют собой более дешевый, экологичный, менее навязчивый и гораздо более безопасный вариант (для биологов дикой природы причина смертности номер один — гибель в авиакатастрофе самолета или вертолета).

За последние 15 лет использование БПЛА биологами дикой природы значительно продвинулось вперед. В частности, с помощью дронов можно осуществлять: перепись содержимого гнезд хищных и водоплавающих птиц, гнездящихся на деревьях; подсчет наземных птиц, так их как крачки, водоплавающие птицы или пингвины; определение возраста, пола и состояния здоровья китов;

отслеживание по радио местоположения и передвижения различных видов животных; нанесение на карту среды обитания видов, находящихся под угрозой исчезновения; обнаружение животных с помощью инфракрасных камер или акустических датчиков; сбор насекомых в воздухе или рассеивание надоедливых диких животных.

На страницах все большего числа научных журналов, посвященных исключительно этой технологии, с каждым годом появляется множество новых приложений. К счастью, биологи и любители дикой природы также проявляют большой интерес к изучению возмущающего воздействия дронов на дикую природу, чтобы способствовать ответственному использованию дронов и знать их ограничения.

В документе представлен исторический обзор эволюции использования дронов вплоть до недавних достижений в исследованиях дикой природы и управлении ею, включая успехи и неудачи.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВИНОГРАДНИКАМИ В УСЛОВИЯХ ЭРОЗИИ И ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЫ

Laura Cambronero, Jesús González-Vivar, Sinam Demir, Francisco Serrano-Bernardo, Jesús Fernández-Gálvez, Jesús Rodrigo-Comino

Гранадский университет, Гранада, Испания

Университет прикладных наук Испарты, Испарта, Турция

В этом исследовании представлены результаты анализа эрозии и стока на средиземноморском винограднике с использованием комбинированного подхода беспилотных летательных аппаратов и спутникового дистанционного зондирования.

Посредством создания карт связности, таких, как накопление, направление стока и индекс связности, оцениваются процессы эрозии и перенос воды и наносов.

Индексы растительности, полученные с помощью мультиспектральных датчиков на беспилот-

ных летательных аппаратах и спутниках, используются для анализа влияния сельскохозяйственных культур и растительного покрова на эти процессы.

Результаты обеспечивают детальную визуализацию динамики стока, определяя области, уязвимые к деградации почвы, с помощью БПЛА. Такой комплексный подход облегчает принятие решений, направленных на улучшение устойчивого управления виноградниками в районах, подверженных эрозии и стоку.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ИНДЕКСА СУХОСТИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ПОМОЩЬЮ БПЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДЬЯХ ЭСТОНИИ

R. Martinez, M. Villoslada, R.D. Ward, K. Sepp  
Эстонский университет естественных наук, Тарту, Эстония  
Университет Восточной Финляндии, Йозенсуу, Финляндия  
Лондонский университет королевы Марии, Лондон, Великобритания

В этом исследовании рассматривается использование тепловых и мультиспектральных датчиков на базе БПЛА для оценки верхней влажности почвы в прибрежных водно-болотных угодьях вдоль береговой линии Балтийского моря в Эстонии.

Результат был получен путем калибровки температурного индекса сухости растительности (TVDI) с использованием измерений объемов содержания воды, собранных на четырех исследуемых участках в июне.

Диаграммы рассеяния значений температуры поверхности суши и нормализованного относительного индекса растительности (NDVI) были

проанализированы для определения влажных и сухих границ с помощью полинома третьей степени, что дало высокие коэффициенты корреляции (в диапазоне от 69—85 % для сухого края и 55—89 % — для влажного).

Полученные результаты предлагают методологию использования БПЛА с индивидуальными планами полета для картирования ключевой биологической переменной, на которую влияет изменение климата, на бореальных прибрежных лугах Балтийского моря, которые защищены в соответствии с Приложением I к Директиве Совета 92/43/ЕЭС от 21.05.1992.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА НА ВЫПАСЕ

M.J. Francis, E.W. Bork, A.J. Harland, F.J. Novais, C.J. Fitzsimmons, J.S. Church  
Университет Альберты, Эдмонтон, Канада  
Центр исследований и разработок Лакомба, Лакомб, Канада  
Университет Томпсона Риверса, Камлупс, Канада

Рассмотрено использование дронов и технологии виртуального ограждения для удаленного определения местоположения крупного рогатого скота на пастбище в Канаде. Для этой цели использовались два дрона: DJI - Matrice 300 RTK и Mavic 3T, оснащенных передовыми датчиками, включая инфракрасный радиометр и гибридные зум-объективы для обнаружения домашних животных, оснащенных ошейниками системы виртуального ограждения Nofence.

Данная система использует GPS и GNSS для отслеживания перемещения скота, предоставляя данные о его местоположении каждые 15 минут. БПЛА достигли 93 % успеха в обнаружении 27 из

29 голов крупного рогатого скота при среднем отклонении местоположения GPS на  $\pm 10,04$  м по долготе и  $\pm 16,52$  м по широте.

Данные GPS, полученные с ошейников, показали 99,7% корреляции с фактическим местоположением, определенным с помощью лазерного дальномера дрона Matrice 300 RTK.

Результаты работы свидетельствуют о том, что дроны DJI могут эффективно и автономно отслеживать домашних животных, оснащенных данными ошейниками, по координатам GPS, предлагая новое перспективное решение для мониторинга крупного рогатого скота на обширных пастбищах.



**ФЕДЕРАТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВ LEO**

T. Kim, C. Lee and Z. Yoon

Корейский аэрокосмический университет, Гоян, Республика Корея

Рынок мониторинга дикой природы и дистанционного зондирования экосистем неуклонно расширяется и вызывает все больший интерес с точки зрения сохранения и охраны окружающей среды. В системе дистанционного зондирования на базе БПЛА легкие модели и быстрая коммуникация необходимы для применения технологий искусственного интеллекта.

Федеративное обучение — это метод, который значительно сокращает общий объем передачи данных с помощью искусственного интеллекта, а за счет использования низкоорбитальных спутников LEO он может облегчить нагрузку на БПЛА и сделать систему более быстрой и автоматизированной.

В статье сфокусировано внимание на данных спутников LEO для Мадрида (Испания) и Сеула (Южная Корея), чтобы сравнить и проанализировать производительность асинхронного федеративного обучения (алгоритмы FedAsync, FedSpace, FedSat), подтверждая превосходство асинхронных методов над методом FedAvg (распределенное обучение). Кроме того, здесь демонстрируется, что подход FedSpace особенно подходит для дистанционного зондирования с помощью дронов со спутниками LEO.

Таким образом, это исследование предлагает потенциальное направление для будущего дистанционного зондирования дикой природы с помощью дронов.

**ВЫВОД ИССЛЕДОВАНИЙ КИТООБРАЗНЫХ НА НОВЫЕ ВЫСОТЫ С ПОМОЩЬЮ БПЛА**

Gina L. Lonati, John Durban, Don LeRoi, Michael J. Moore, Kimberley T. A. Davies

Университет Нью-Брансуика, Сент-Джон, Канада

Беспилотные летательные аппараты произвели революцию в изучении китообразных (т.е. китов, дельфинов и морских свиней), вдохновив на новые направления научных исследований, которые ранее было непрактично проводить традиционными полевыми методами. В частности, неинвазивность (отсутствие нарушения тканей организма), отсутствие накладных расходов, разнообразие доступных полезных нагрузок, высокое разрешение данных и растущая доступность технологии — вот лишь несколько причин, по которым исследователи китообразных добавляют беспилотники в свой полевой инструментарий.

Только в 2023 г. более чем в 50 научных публикациях упоминалось об использовании беспилотных летательных аппаратов для исследований китообразных — от наблюдения за поведением и измерения состояния тела с помощью небольших квадрокоптеров потребительского уровня до обследования больших пространств критически важных морских местообитаний с помощью промышленных беспилотных летательных аппаратов. Тем не менее, все еще существуют проблемы с

изучением этих высококомобильных водных животных с помощью БПЛА, включая короткое время автономной работы, погодные ограничения, низкую доступность китообразных на поверхности и другие ограничения, связанные с операциями в море. Рассказано о том, как биологи с помощью БПЛА продвинулись вперед в изучении биологии, поведения, размножения, физиологии и здоровья китообразных, а также о результатах докторской диссертации об использовании инфракрасной термографии на базе БПЛА для измерения тепловых характеристик китов. Также в данной работе рассмотрены другие беспилотные технологии (например, подводные океанские планеры), которые способствуют более широкому пониманию распространения и среды обитания этих животных. Показано, как беспилотники могут помочь в дальнейших исследованиях китообразных, особенно, если удастся преодолеть некоторые из перечисленных выше препятствий, о применении снимков с БПЛА для обучения, а также для вдохновения ненаучной аудитории на заботу о находящихся под угрозой морских видах.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТИЦ ПРИ ВОЗДУШНОМ РАСПЫЛЕНИИ С ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ НАНЕСЕНИЯ С ВОЗДУХА

M.J. Francis, N. Ramroop Singh, J.S. Church  
Университет Томпсона Риверса, Камлупс, Канада

В этом исследовании изучалось использование беспилотных летательных аппаратов для применения пестицидов в сельском хозяйстве, и особое внимание было уделено нормативным требованиям и данным о дрейфе частиц при воздушном распылении, необходимым для утверждения регулируемыми органами.

В Канаде БпЛА, обычно, рассматриваются как обычные воздушные суда с обязательной регистрацией, однако Министерство здравоохранения Канады относится к ним по-другому из-за их уникальных характеристик, таких как меньшая грузоподъемность и время полета. Целью данного исследования является разработка модели для измерения дрейфа частиц при воздушном распылении

с использованием родаминового красителя по массе в соответствии со стандартами таких организаций, как ISO и ASABE.

Различные дроны DJI RPAAS тестировались в различных условиях на полигоне в Альберте, и в ходе испытаний отслеживались данные о ветре и погоде. Результаты показали значительное изменение дрейфа брызг, при этом дрейф не превышал 80 метров. Полученные результаты обеспечивают основу для будущих протоколов оценки дрейфа аэрозолей, облегчающих процессы утверждения регулируемыми органами применения пестицидов с помощью БпЛА. Ожидается, что этот протокол будет развиваться по мере сбора большего количества данных и совершенствования стандартов.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА КРУПНЫХ СТАЙ ПТИЦ

Craig Gibson  
Центр охраны дикой природы, Винчестер, США

Рассмотрено использование технологии беспилотных летательных аппаратов для мониторинга крупных стай птиц в городских условиях.

Дроны дают ценную информацию о размере насеста, составе и поведенческих моделях птиц, и в этой работе рассказывается о лучших практиках использования RGB, инфрокрасных и тепловизионных камер для сбора важных данных как в дневное время, так и после наступления темноты.

Тематические исследования, включая зимнее гнездовье ворон из более чем 15000 особей в Лоуренсе, Массачусетс, США, и ночлег стервятника-индюка во Флориде, США, продемонстрируют эффективные стратегии наблюдения за поведением и динамикой насестов с минимальными помехами. Ключевые эксплуатационные соображения включают оптимальный выбор датчика, планирование полета (в зависимости от конкретной миссии) и выбор типа дрона (винтокрылый или с фиксированным крылом) в зависимости от целей исследования.

с использованием родаминового красителя по массе в соответствии со стандартами таких организаций, как ISO и ASABE.

Для решения таких проблем, как беспокойство птиц, ограничение заряда батареи и управление данными обсуждаются такие решения, как буферные зоны, наблюдение в режиме реального времени с помощью специальных визуальных наблюдателей и методы минимизации шума. При выполнении полетов в ночное время обсуждаются их планирование, вопросы безопасности и соответствия требованиям, а также специальные стратегии получения изображений в условиях низкой освещенности.

Эта работа знакомит участников с практическими методами и решениями для проведения ответственных и высокоэффективных съемок крупных стай птиц с помощью БпЛА, что позволит получить ценные данные для сохранения дикой природы и управления ею в городах.

## СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БПЛА С ФИКСИРОВАННЫМ КРЫЛОМ И ВИНТОКРЫЛЫХ ПРИ СЪЕМКИ МЕСТНОСТИ

G. Fontenla-Carrera, E. Aldao, F. Veiga-López, H. González-Jorge  
Университет Виго, Оренсе, Испания

Приливно-отливные регионы жизненно важны для сохранения биоразнообразия и устойчивости к изменению климата, но традиционные методы их мониторинга являются трудоемкими и требуют много времени.

Винтокрылые БПЛА обеспечивают практическую альтернативу для сбора данных, хотя они все еще имеют некоторые ограничения, такие как выносливость в полете или низкая скорость. Теоретически, БПЛА с фиксированным крылом представляют собой многообещающее решение для преодоления этих проблем.

В исследовании сравниваются полеты над каменистой приливно-отливной зоной на северо-западе Испании с использованием винтокрылого

беспилотника на высотах 12, 45 и 120 м и беспилотника с фиксированным крылом на высоте 120 м. В ходе исследования анализируются параметры миссии и качество изображения до и после обработки.

Результаты показывают, что винтокрылые БПЛА на максимально возможной высоте, обеспечивающей достаточное разрешение в пикселях для съемки экологических особенностей, являются оптимальными, сводя к минимуму время работы, в то время как БПЛА с фиксированным крылом не справляются с работой в сложных условиях, таких как исследуемая территория, а их сопоставимое качество изображения указывает на потенциальную пригодность для более простых регионов.

## ОБНАРУЖЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ЖИВОТНЫХ С ПОМОЩЬЮ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ С ВОЗДУШНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ

Daniel McCraine, Sathishkumar Samiappan, Leon Kohler, Timo Sullivan, David Will  
Научно-исследовательский институт геосистем при Университете штата Миссисипи, Старквилл, США

Инвазивные млекопитающие представляют серьезную угрозу для островных экосистем, и управление ими жизненно важно для процветания местной флоры и фауны. Современные методы обнаружения и подсчета их популяции с использованием изображений цветовой модели RGB (основана на сочетании красного, синего и зеленого цветов) и тепловом инфракрасном диапазоне (ИК) имеют ограничения и обычно требуют пространственных характеристик для классификации.

В данном исследовании рассматривается использование гиперспектральной визуализации с небольшой беспилотной воздушной системы для классификации млекопитающих с максимальной вероятностью и посредством машинного обучения. Гиперспектральная визуализация (ГВ) фиксирует коэффициент отражения во многих спектральных диапазонах, предоставляя более подробные данные, чем традиционные изображения. Эти спектральные сигнатуры потенциально могут идентифицировать животных независимо от фор-

мы, преодолевая ограничения традиционных методов.

В этом исследовании показано, как ГВ может различать млекопитающих, используя только спектральные данные (даже при обнаружении в один пиксель, ГВ, по своей сути, имеет высокую степень корреляции между диапазонами, что приводит к избыточной информации).

В целом, методы обнаружения на основе ГВ обещают улучшить управление инвазивными видами, а также способствовать их сохранению на островах.

Будущие исследования должны быть сосредоточены на создании всеобъемлющей спектральной библиотеки, изучении гиперспектральных датчиков для классификации и анализе затрат и выгод с помощью традиционных методов.

В целом, методы обнаружения на основе спектрального анализа являются перспективными для улучшения управления инвазивными видами и усилий по сохранению их на островах.

## УПРАВЛЕНИЕ, ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ С БПЛА, ЛУЧШИЕ ПРАКТИКИ НА ПРИМЕРАХ ИЗ КАЛИФОРНИИ И КОСТА-РИКИ

Шон Хоган

Калифорнийский университет, Лос-Анджелес, США

Когда люди думают о применении дронов, они, как правило, изначально сосредотачиваются на технических характеристиках оборудования и работе платформ. Однако истинная научная ценность этой новой технологии не обязательно заключается в ее механических свойствах, а скорее может заключаться в передовых способах использования данных, собираемых этими платформами, для эффективного получения новых и интересных практических результатов.

Работа посвящена экологическим исследованиям, проведенным в долинах и горах Калифорнии и облачных лесах Коста-Рики для описания типичных рабочих процессов, осуществляемых беспилотными летательными аппаратами, с подчеркиванием потенциальных проблем управления данными, анализа и визуализации, а также соображений по хранению и совместному использованию данных. Цель исследования — донести то, что докладчик хотел бы знать, когда он впервые начал

проводить исследования с помощью дронов для Калифорнийского университета в 2016 году, начиная с исследования среды обитания пустынных черепах и полевок, за которыми следует ряд проектов, связанных с восстановлением окружающей среды после лесных пожаров, воздействием инвазивных вредителей на дубравные массивы и нехваткой воды, связанной с изменением тропического климата.

Результатом этих совместных исследовательских проектов стало накопление нескольких десятков терабайт общих данных беспилотников и обработанных файлов географической информационной системы. Благодаря этому исследованию станет очевидной важность правильных соглашений об именовании файлов, организации папок, настроек обработки, стандартизированных рабочих процессов анализа, контроля качества и гарантии, а также стратегий резервного копирования (хранения) данных.

## ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИКОЙ ПРИРОДЫ, ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ

Fred Tremblay

Университет Макгилла, Монреаль, Канада

Внедрение беспилотных технологий в исследовании дикой природы дает значительные преимущества, включая относительную простоту использования, широкую доступность и экономическую эффективность.

Многие биологи признают потребность в беспилотных летательных аппаратах как посреднике между сбором данных с земли, которые являются точными, но охватывают ограниченный диапазон, и сбором данных с пилотируемых самолетов, которые могут охватывать обширные территории, но угрожают точности данных и безопасности исследователей. Использование БПЛА в исследованиях дикой природы растет, и их применение разнообразно, начиная от инструментов мониторинга дикой природы и заканчивая предоставлением ключевой информации о передвижении животных, уникальным инструментом борьбы с болезнями и многим другим. Использование БПЛА для мони-

торинга дикой природы сопряжено с уникальными проблемами, и тонкости, связанные с планированием эффективных полетов беспилотных летательных аппаратов при минимизации нарушений дикой природы, могут быть довольно сложными.

Исследования показывают, что реакция на стресс, вызванный дронами, значительно различается у разных видов и условий окружающей среды, что подчеркивает необходимость индивидуальных подходов. Хотя в растущем числе ситуаций преимущества использования дронов намного перевешивают технические препятствия, проблемы остаются. Цель работы — способствовать диалогу внутри научного сообщества относительно эффективного использования технологий БПЛА в исследованиях дикой природы, обеспечивая баланс между технологическим прогрессом и этическими соображениями мониторинга дикой природы.



## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БПЛА В СФЕРЕ УСЛУГ

*Информационный листок № 1-69*

### ПЛАНИРОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ БПЛА ДЛЯ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

Stefano Cunietti, Chiara Sammarco, Ilaria Ferrando, Juan Vicente Balbastre Tejedor, Domenico Sguerso  
Университет Генуи, Генуя, Италия  
Компания GeoDataLab, Рим, Италия  
Технический университет Валенсии, Валенсия, Италия

В этой статье представлено тематическое исследование позиционирования вертипортов (аэродромы, предназначенные для вертикального взлёта и посадки воздушных судов) для дронов-такси в г. Валенсия, Испания.

Предлагаемая методология применялась в качестве «предварительной фазы», предшествующей трем установленным этапам планирования полетов - стратегическому, предтактическому и тактическому, принятым в правилах Европейского агентства безопасности полетов (EASA).

На этом этапе определяются подходящие районы для БПЛА посредством многокритериального

анализа с учетом таких важных аспектов, как социальная приемлемость, безопасность и доступность. Это включает в себя оценку таких факторов, как услуги связи, навигации и наблюдения, которые также включают определение местоположения, регулирование уровня шума и оценку наземного риска.

Результатом наложения различных факторов, преобразованных в уровень пригодности, является карта, которая помогает лицам, принимающим решения, и промышленности в планировании инфраструктуры (вертикальных портов, коридоров и т. п.).

*Информационный листок № 1-70*

### ОБНАРУЖЕНИЕ ПАРКОВОЧНОГО МЕСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Akhil Giddaluri, Alex Jiang, Nikhil Giddaluri, Audrey Liang, Thomas Li, Dalei Wu, Yu Liang  
Школа Маккалли, Чаттануга, США  
Подготовительная школа для девочек, Чаттануга, США  
Университет Теннесси в Чаттануге, Чаттануга, США

За последние несколько лет популярность беспилотных летательных аппаратов для различных применений возросла. Парковка, особенно на многолюдных общественных мероприятиях, может отнимать много времени, поскольку водителю приходится физически въезжать на стоянку и искать открытые парковочные места. В этой работе обучение с подкреплением использовалось в тандеме с симулятором для дронов AirSim, разработанным компанией Microsoft, для автоматизации

движения виртуального БПЛА и обнаружения свободных / заполненных парковочных мест с помощью сверточной нейронной сети. Движок Unreal Engine (версия 4.27.2) был использован для создания пользовательской среды, напоминающей парковку, а виртуальный дрон был обучен с использованием алгоритма Deep Q-Network (сочетает глубокое обучение с обучением с подкреплением). При оценке работы данной системы были отмечены точность и эффективность.

Количество информационных листов, опубликованных в данном сборнике, – 70.

Информационный бюллетень по материалам 1-й Международной конференции по дронам и беспилотным системам (DAUS' 2025) / Федеральное государственное унитарное предприятие «НТЦ оборонного комплекса «Компас», 2025. Вып. 1. С. 1—38.

Подписано в печать 25.0.2025.  
Формат 60х84 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 4,6. Уч.-изд. л. 4,8.  
Цена договорная.  
<http://ntckompas.ru>  
Отпечатано в ФГУП «НТЦ оборонного комплекса «Компас».  
125424, Москва, Волоколамское ш., д. 77