

Преимуществами такого подхода являются значительное сокращение времени цикла работ – от съемки до готового плана, снижение затрат на полевые работы, создание единого цифрового архива, а также возможность многократного использования данных для мониторинга состояния инфраструктуры. Накопленные данные могут использоваться для дообучения моделей ИИ, что позволяет со временем повышать точность распознавания.

Использование технологий БЛА и ИИ формирует основу для создания цифровых двойников станций и перегонов, интеграции с системами планирования ремонтов и автоматизированными комплексами управления движением поездов. Такой методический подход обеспечивает переход от эпизодических обследований к постоянному цифровому мониторингу инфраструктуры и поддерживает концепцию «умной железной дороги».

Таким образом, автоматизированное составление масштабных планов на основе применения БЛА и ИИ является не только технологическим решением, но и стратегическим инструментом развития интеллектуальных транспортных систем. Это направление способствует повышению эффективности эксплуатации железнодорожной сети и обеспечивает основу для дальнейшей цифровизации отрасли.

УДК 004.032, 629.052

АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ БПЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОРТОВОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ И ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ МЕСТНОСТИ

С.В. ПРУЧКОВСКИЙ, К.А. ВОЛКОВ

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный
центр многофункциональных беспилотных комплексов» Националь-
ной академии наук Беларуси
Минск, Беларусь

Основой современных пилотажно-навигационных комплексов (ПНК) беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС). Как правило, большинство БИНС построены с применением МЭМС-датчиков, что обусловлено стоимостными, габаритными, весовыми характеристиками. Для повышения точности счисления текущих координат и путевой

скорости БПЛА показания БИНС корректируются от спутниковых радионавигационных систем (СРНС), что предполагает выполнение ряда требований к наличию и качеству сигнала от спутниковых группировок СРНС. В настоящее время во всем мире широко используются средства подавления сигналов СРНС, а также ложные сигналы СРНС, при помощи которых противник имеет возможность увести БПЛА с заданного маршрута («спуффинг») с последующей принудительной посадкой или уничтожением при столкновении с элементами ландшафта.

При отсутствии (подавлении) сигналов от СРНС бюджетная БИНС накапливает ошибку в определении текущих координат БПЛА порядка 150-300 м за одну минуту полета, что приводит к потере ориентации БПЛА в пространстве, и далее – к срыву полетного задания и даже к потере БПЛА.

Для повышения устойчивости к средствам радиоэлектронной борьбы, на борту БПЛА необходимо использовать автономные навигационные системы, которые не подвержены таким внешним воздействиям и не зависят от СРНС. Вариантом реализации такой навигационной системой является автономная система визуальной навигации (АСВН), в основу которой положен принцип определения местоположения БЛА по визуальным наземным ориентирам с заранее известными координатами.

Совместное применение БИНС и АСВН позволяет обеспечить надежную навигацию БПЛА для всех участков траектории полета (взлет, полет на различных высотах по маршруту, посадка или наведение на цель), в том числе при отсутствии связи с оператором и сигналов от СРНС. Использование визуальных ориентиров на местности для навигации БПЛА обусловлено многолетней успешной практикой при выполнении пилотируемых полетов.

Техническая реализация АСВН предложена установкой дополнительного бортового вычислителя обработки текущей видеоинформации штатной комбинированной ТВ-ИК видеосистемы БЛА в сочетании с предварительно подготовленными цифровыми картами (спутниковыми снимками) местности, определения текущих координат и их передаче в пилотажно-навигационный комплекс БПЛА.

На сегодняшний день методы визуальной навигации БПЛА в большинстве опираются на визуальную одометрию, для которой также проявляется проблема накопления погрешности определения позиции БПЛА при продолжительном полете. Для устранения этого недостатка предложен нейросетевой алгоритм коррекции, сопоставляющий видеоизображение с бортовой камеры и цифровую фотокарту местности и рассчитывающий наиболее вероятную область расположения БПЛА

для нивелирования нарастающей погрешности. Для комплексирования предсказания и коррекции предложено использовать линейный фильтр Калмана.

Сопоставление видеоизображения и фотокарты предложенным алгоритмом осуществляется в два этапа: макро-локализация (scene localization) и микро-локализации (camera localization) двумя нейронными сетями. Для обучения нейронных сетей архитектуры Siamese по методу Info NCE использованы фотокарты Google, Yandex, Bing.

В результате достигнута нечувствительность к углам поворота изображения и изменению масштаба, а также минимизировано влияние яркости, контрастности, смене времени года или времени суток. В результате, при сравнении двух пар снимков точность модели составила 99.3 %. Пример положительной пары снимков «Спутник-БПЛА» приведен на рис.1.



Рис. 1. Положительная пара снимков «Спутник-БПЛА»

При расширении накопленной базы данных реальными снимками с борта БПЛА (не менее 20 000) и обучении модели, формируются такие наборы снимков, в которых модель сильнее ошибалась, что позволяет улучшить качество модели ориентировочно на 30-50%, при этом ожидаемая точность определения местоположения БЛА должна быть не хуже 100 м.

Таким образом, разработанная интеллектуальная бортовая система определения местоположения БПЛА по получаемому в полете оптическому изображению подстилающей земной поверхности (за исключением водной, а также снежных и песчаных пустынь) позволяет осуществлять выполнение полета БПЛА по заданному маршруту в течении нескольких часов в условиях отсутствия или искажения сигналов спутниковой навигации и команд управления оператора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков К. А. Моделирование движения беспилотного летательного аппарата с оптической навигационной системой / К.А. Волков, Х.М. Карбалаи Салех, А.В. Парасочка, С.С. Зайцев, Р.Р. Романов // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных: материалы международного научно-технического семинара. В 2 ч. Ч. 1 (Минск, апрель – декабрь 2016 г.). – Минск: БГУИР, 2017. – С. 31-37

2. Чепикова В. В. Оценка применимости метода оптической навигации VIOLETM в условиях антропогенных ландшафтов / Чепикова В.В., Волков К. А. // Телекоммуникации: сети и технологии, алгебраическое кодирование и безопасность данных = Telecommunications: Networks and Technologies, Algebraic Coding and Data Security : материалы Междун. науч.-технич. семинара, Минск, ноябрь-декабрь 2018 г. / редкол.: М.Н. Бобов и др. – Минск: БГУИР, 2018. – С. 70–76.

УДК 629.735.33

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОСНОВНЫХ ПОДСИСТЕМ БПЛА

Ю.И. СЕМАК, Ю.Ф. ЯЦЫНА

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный
центр multifunctional беспилотных комплексов»
Национальной академии наук Беларуси
Минск, Беларусь

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) весьма широко используются как в гражданской, так и в военной сферах. Одна из актуальных задач эффективного применения БПЛА – обеспечение безопасности полета БПЛА и технической надежности его составных частей в полете.

Решение данной задачи целесообразно рассматривать на основе системного подхода и в рамках создания системы мониторинга состояния работоспособности основных подсистем БПЛА с элементами «искусственного интеллекта». С точки зрения общей концепции управления процессами жизненного цикла изделий авиационной техники под системой мониторинга состояния работоспособности основных