Технология визуального контроля ВС с помощью программируемых беспилотников

Введение

В настоящее время в связи с общим увеличением потока воздушных судов (ВС) в воздушном пространстве значительно возросла сложность их своевременного и качественного визуального осмотра при выполнении работ, связанных с техобслуживанием в аэропорту. Заметно выросло суммарное время простоя самолетов при внеплановых проверках, вызванных, например, воздействием атмосферного электричества на поверхность фюзеляжа самолета в полете. Внешний осмотр труднодоступных мест самолета, таких как верхняя часть фюзеляжа или хвостовое оперение, для выявления последствий попадания молнии на сегодня отнимает значительное время, приводя к задержкам. Для компаний с численностью парка более 200 ВС, таких как Аэрофлот, Airbus, Lufthansa, EasyJet подобное событие не редкость: по подсчетам компании, это происходит примерно 300-400 раз в год, приводя к значительным временным и финансовым потерям. По мнению экспертов, использование программируемых беспилотников позволит значительно сократить время осмотра ВС и, что не менее существенно, сделать саму технологию полностью цифровой.

В предлагаемом материале представлены основные этапы реализации автоматизированной технологии визуального контроля поверхности ВС с помощью программируемых беспилотников и установленных на их борту фотокамер, а также проанализированы компоненты специализированного программного обеспечения (СПО), необходимые для автоматизации технологии.

Описание автоматизированной технологии визуального контроля поверхности ВС

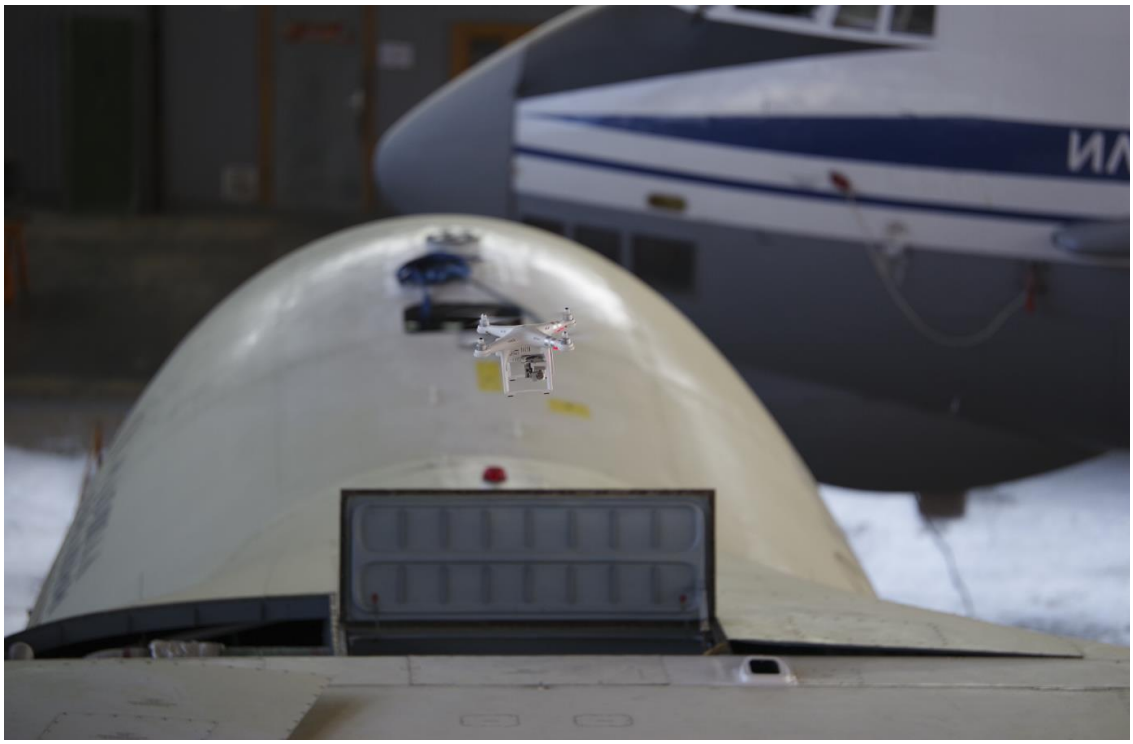

Рис. 1 Съемка ВС дроном

В процессе технического обслуживания дрон пролетает над ВС по запрограммированной траектории и производит видеосъемку поверхности фюзеляжа и крыльев с достаточно высоким разрешением (рис. 1). После завершения полета полученные данные сбрасываются на сервер. Необходимо принять обоснованное решение о наличии повреждений на обшивке. Необходимо запротоколировать обнаруженные повреждения и их точные координаты и возможно сравнить с результатами предыдущих осмотров. Каждое из этих действий связано с определенными техническими проблемами, требующими решения.

Оборудование

Все оборудование, установленное на БПЛА, делится на съемочное и навигационное (рис. 2).

Съемочное оборудование включает стабилизирующий подвес и камеру высокого разрешения, с поддержкой видео и возможности онлайн передачи данных. Полетный контроллер обеспечивает управление подвесом и камерой в процессе съемки.

Рис. 2 Дрон с набором сенсоров

Навигационное оборудование БПЛА состоит из датчиков системы позиционирования и инерциальных датчиков. В современном исполнении это отдельный инерциально-навигационный модуль, который осуществляет прием и обработку сигналов глобальных спутниковых навигационных систем (GPS и ГЛОНАСС), регистрацию и обработку актуальных значений линейных и угловых ускорений БПЛА, транслируя на автопилот комплексную информацию о позиционировании и динамике движения БПЛА в пространстве. Однако система визуального контроля ВС разрабатывается для работы в ангаре, где сигналы глобальных спутниковых систем практически отсутствуют. Поэтому внутри проекта решается задача разработки и создания собственной системы внутренней навигации (СВН), включающей систему сенсоров и СПО для обработки их данных в реальном времени.

Система внутренней навигации

Навигационное оборудование для поставленной задачи может включать в себя различные сенсоры, которые позволяют в любой момент времени определять актуальные значения линейных и угловых координат БПЛА и передавать на автопилот комплексную информацию о позиционировании и динамике движения БПЛА в пространстве.

В рамках проекта разработана оригинальная схема организации СВН. По пространству ангара определенным образом размещаются видеокамеры, параметры ориентирования которых известны с высокой точностью в локальной системе координат, связанной с ангаром. Камеры подключены к серверу, который осуществляет прием и обработку данных. Сам дрон рассматривается как целевой объект, который детектируются с помощью СПО сервера. В этом случае координаты дрона вычисляется на сервере в локальной системе координат и передаются на автопилот по радиоканалу.

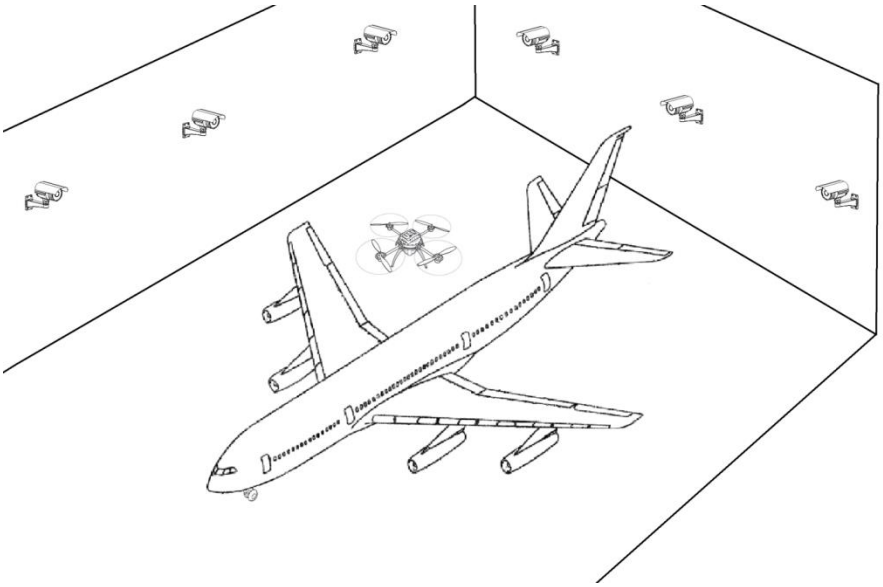

Рис. 3 Схема навигации в ангаре с видеокамерами

На текущем этапе проекта выбрана схема, где в качестве сенсоров используются обычные видеокамеры видимого диапазона. Схема предлагаемой системы навигации представлена на рис.3. Система видеокамер после монтажа должна быть предварительно откалибрована по оригинальной методике, которая также была разработана в рамках проекта.

Задача детектирования дрона в кадре решается на основе современных машинно-обучаемых алгоритмов с применением глубоких свёрточных нейронных сетей. Благодаря гибкости выбранных алгоритмов детектирования система может легко перестраиваться на работу с изображениями объектов из любого выбранного класса.

Автоматизация детектирования повреждений

Видеозаписи, полученные дроном в процессе съёмки ВС позволяют определить наличие повреждений или других артефактов обшивки ВС, и их местоположение. Анализ полученных данных производится на сервере. Для автоматизации обработки видеоданных была решена задача создания машинно-обучаемого детектора и классификатора повреждений на основе ГСНС. В силу высокой сложности и гибкости таких алгоритмов, подготовка надёжного детектора требует большого количества обучающих данных. Поэтому для того, чтобы снизить затраты на ручную разметку тренировочных изображений, был создан специальный модуль, синтезирующий массив обучающих данных на основе небольшого числа базовых примеров. Огромный объём получаемой обучающей выборки позволяет добиться высокой степени робастности и инвариантности работы детектора к условиям съёмки, ракурсным и фотометрическим особенностям снимков. Автоматизация генерации обучающих примеров позволяет оперативно перестраивать работу детектора в зависимости от решаемой задачи и поступающих данных.

В процессе работы СПО анализа видеосъёмки поверхности ВС, видеозаписи разбиваются на отдельные кадры, на каждом из которых производится поиск и локализация повреждений. Затем происходит анализ всей последовательности обнаружений (трекинг) с целью объединения информации, выявления и отслеживания только уникальных артефактов.

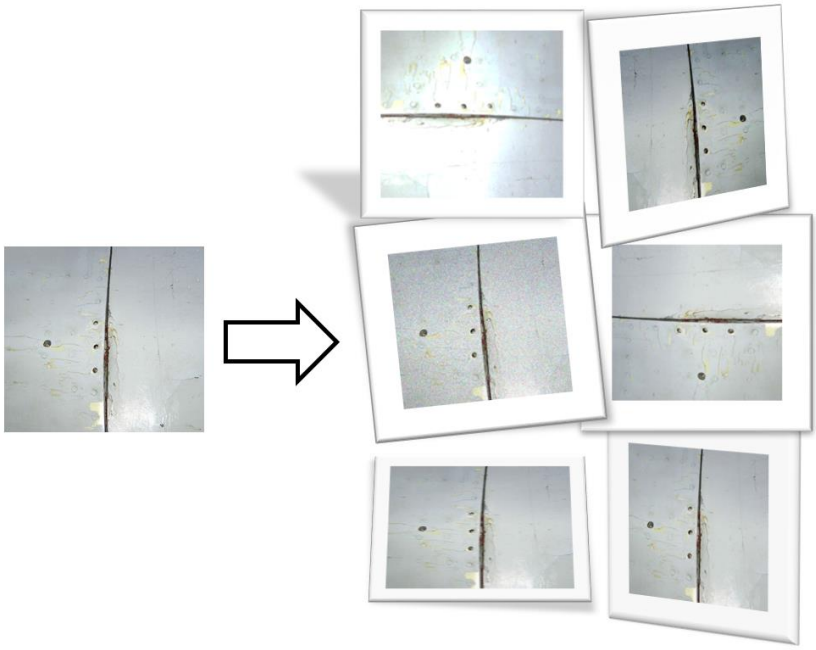

Рис. 4 Генерация обучающих примеров

Для анализа надежности алгоритмов необходима их проверка на базе реальных данных. Такая база была создана на реальном ВС ИЛ-76, с имитацией посторонних объектов на обшивке.

Несмотря на сложность применяемых для распознавания методов на основе ГСНС, при выполнении вычислений на графических ускорителях (GPU), можно строить на их основе алгоритмы реального времени. Полученный алгоритм детектирования с одновременной классификацией позволяет обрабатывать до 25 кадров в секунду. Однако в разрабатываемой технологии визуального контроля ВС это требование не рассматривается как существенное, поскольку последующая запись и обработка данных осуществляется на сервере в стационарных условиях.

Обработка и запись списка повреждений в БД

При последующей обработке данных видеосъемки формируются записи в БД на каждое диагностируемое повреждение, включающие его снимок с графической разметкой, вычисленные пространственные координаты и, возможно, некоторые дополнительные данные. Предполагается, что СУБД должна обеспечивать доступ к сведениям о

предыдущих обследованиях самолета, и, прежде всего, обнаруженных на тот момент повреждениях поверхности и их ремонте. Такая система организации данных позволит сделать процедуру текущего осмотра ВС более эффективной. В любом случае список созданный программой должен быть проверен специалистами компании, и комментарий к результатам проверки с подписью сотрудника было бы целесообразно также сохранять в БД.

Организация корпоративной базы данных

Запись в БД представляет собой краткий отчет о текущем техническом осмотре поверхностей крыльев и фюзеляжа ВС по фиксированному протоколу. Она хранится на локальном сервере в аэропорту, где производился осмотр. Для большой компании актуальным является вопрос о централизованном хранении данных на все ВС за все время их эксплуатации. В этом случае данные со всех локальных серверов должны пересылаться на центральный сервер компании, где производится их агрегирование. По мнению многих экспертов, такой способ обработки и хранения данных повысит отслеживаемость повреждений и позволит предотвратить возникновение дефектов, угрожающих безопасности полетов.

Заключение

В статье приведено описание автоматизированной технологии визуального контроля поверхности ВС с использованием программируемых беспилотников. Экспериментальный вариант технологии реализован на производственной базе ФГУП «ГосНИИАС» и в настоящее время работа по созданию промышленного образца продолжается.

При разработке технологии особое внимание было уделено:

- выбору оборудования для системы визуального контроля поверхности ВС;
- вопросам навигации дрона в помещении, где сигнал GPS слаб или недоступен;
- вопросам алгоритмического обеспечения и создания специализированного интеллектуального ПО;

– вопросам организации данных, полученных в ходе технических осмотров всех ВС компании за время их эксплуатации.

Технология прошла предварительную апробацию на натурных испытаниях. Для проведения испытаний была достигнута договорённость между Генеральным директором ФГУП «ГосНИИАС» и Генеральным директором ПАО «Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина» о проведении съёмок специалистами ГосНИИАС самолётов Ильюшина на ремонтной базе в Жуковском.

Для съёмок были выбраны самолёты семейства ИЛ-76. Съёмки проводились в закрытом ангаре (рис.5), где условия практически полностью соответствуют предполагаемым условиям работы комплекса. В ходе натурных испытаний был произведен облёт дроном реального воздушного судна и осуществлена видеосъёмка поверхности крыла с борта дрона. После этого производилась обработка видеозаписи в СПО с целью детектирования и идентификации тест-объектов заданных классов, размещенных заранее на поверхности крыльев ВС.

Рис. 5 Ремонтный ангар ИЛ

В ходе натурных испытаний были проверены и скорректированы оптимальные параметры съёмки, определённые ранее в испытаниях на модельном объекте. Также было проведено тестирование СПО, показавшего высокую эффективность при детектировании и распознавании тест-объектов на видеозаписи.

Очевидно, помимо технических вопросов при уточнении деталей реализации технологии необходимо также принимать в рассмотрение бизнес-процессы, принятые в конкретной компании.