

УДК 681.518.3

ББК 39.56

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЕРИФИКАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ
ИНДИКАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ И ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

Егор Михайлович Мамкин

студент¹, очное отделение, 4 курс, М7О-407С-16,

техник-конструктор 1 категории²

**¹Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»;**

**² Общество с ограниченной ответственностью
«ОАК-Центр комплексирования»**

Москва, Россия

mamkin95@mail.ru

Артём Викторович Крыцин

студент¹, очное отделение, 4 курс, М7О-407С-16,

техник-программист²

**¹Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»;**

**² Общество с ограниченной ответственностью
«ОАК-Центр комплексирования»**

Москва, Россия

aderon1333@gmail.com

Дмитрий Михайлович Ильяшенко
студент¹, очное отделение, 5 курс, М7О-507С-15,
техник-конструктор 1 категории²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»;

² Общество с ограниченной ответственностью
«ОАК-Центр комплексирования»

Москва, Россия
elesh_2@mail.ru

Сергей Александрович Дяченко
аспирант¹, очное отделение, 2 курс, М7О-206А-18,
инженер-конструктор 2 категории²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»;

² Общество с ограниченной ответственностью
«ОАК-Центр комплексирования»

Москва, Россия
dyachenkosergey33@yandex.ru

Евгений Сергеевич Неретин^{1,2}

кандидат технических наук, доцент

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»;

²Общество с ограниченной ответственностью
«ОАК-Центр комплексирования»

Москва, Россия
e.s.neretin@mai.ru

В работе проведён анализ существующих средств автоматизации верификации программного обеспечения авиационного бортового оборудования. Результатом работы являются разработанное программное средство, автоматизирующее процесс верификации систем электронной индикации современных и перспективных гражданских самолётов, а также методика тестирования с его применением. Предложенное решение позволяет сэкономить временные и финансовые затраты на системное тестирование.

Ключевые слова: гражданский самолёт, авионика, программное обеспечение, верификация, распознавание изображений, нейронная сеть.

AUTOMATION OF VERIFYING THE ELECTRONIC DISPLAY SYSTEMS OF MODERN AND ADVANCED OBJECTS OF CIVIL AVIATION

Egor Mikhailovich Mamkin

4th year student¹,

Category 1 technician²

¹Moscow Aviation Institute (National Research University);

² Limited liability company «UAC-Integration Center»

Moscow, Russia

mamkin95@mail.ru

Artem Viktorovich Krytsin

4th year student¹,

technician²

¹Moscow Aviation Institute (National Research University);

² Limited liability company «UAC-Integration Center»

Moscow, Russia aderon1333@gmail.com

Dmitry Mikhailovich Ilyashenko

5th year student¹,

Category 1 technician²

¹**Moscow Aviation Institute (National Research University);**

²**Limited liability company «UAC-Integration Center»**

Moscow, Russia

elesh_2@mail.ru

Sergey Aleksandrovich Dyachenko

2nd year postgraduate student¹

engineer²

¹**Moscow Aviation Institute (National Research University)**

²**Limited liability company «UAC-Integration Center»**

Moscow, Russia

dyachenkosergey33@yandex.ru

Evgeny Sergeevich Neretin^{1,2}

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

¹**Moscow Aviation Institute (National Research University)**

²**Limited liability company «UAC-Integration Center»**

Moscow, Russia

e.s.neretin@mai.ru

The authors analyzed the existing means of automation of verifying the software of aircraft onboard equipment. As the result they developed a software application which automates verifying the electronic display systems of modern and advanced civil airplanes as well as a testing technique for its use. The proposed solution allows reducing time and financial costs of system testing.

Key words: civil airplane, avionics, software, verification, image recognition, neural network.

Введение

Авионика современного воздушного судна является сложным интеллектуальным комплексом, доля программного обеспечения (ПО) в

котором с каждым годом растёт. В настоящее время практически каждая самолётная система выполняет предписанные ей функции с помощью ПО.

На текущем этапе развития авиации процесс создания бортового оборудования осуществляется в соответствии с V-образной моделью, регламентированной стандартом ARP4754A (см. рисунок 1) [ARP4754A, 2010, р. 24]. Данный подход описывает многоитерационный цикл разработки и тестирования, особенностью которого является направленность на тщательную проверку продукта.

V-образная модель разработки бортового оборудования условно включает следующие уровни: самолётный, системный, комплектующего изделия, аппаратной части и ПО. Проведение верификации на каждом из указанных уровней необходимо для безопасности использования продукта на последующих этапах.

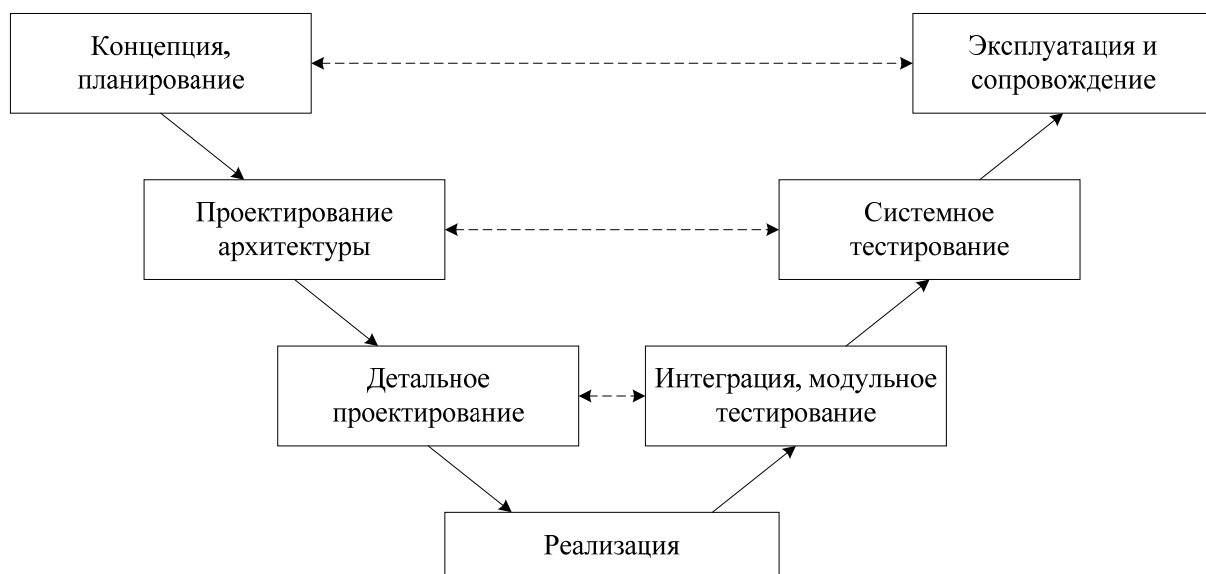


Рисунок 1 – V-образная модель разработки бортового оборудования

Обзор автоматизированных средств верификации бортового ПО

Одним из ключевых этапов при создании встраиваемого ПО является верификация, задача которой – оценка соответствия разработанного кода

установленным требованиям, а также обнаружение и регистрация потенциально привнесённых ошибок.

На верификацию кода затрачиваются значительные временные ресурсы, которые возможно сократить за счёт использования систем автоматизации тестирования. К числу производителей подобных средств относятся компании ScienceSoft (США), A1QA (США), Kualitatem (США), TestingXperts (Великобритания), ООО «АВИАОК» (Россия), ФГУП «ГосНИИАС» (Россия), BugRaptors (Индия) [Top 20 Software Testing Companies in 2019].

В данной области существует достаточное количество готовых решений для уровня ПО, однако средства автоматизации для испытаний на системном уровне отсутствуют, хотя объём тестирования на указанном этапе также значителен.

Обзор систем электронной индикации современных гражданских самолётов

На сегодняшний день выдача большей части информации, необходимой для пилотирования, обеспечивается системой электронной индикации (СЭИ) на широкоформатные жидкокристаллические индикаторы, расположенные на приборной панели в кабине экипажа.

В состав типичной на сегодняшний день СЭИ современного гражданского борта входят:

- многофункциональные индикаторы (МФИ);
- пульта управления;
- индикатор на лобовом стекле (опционально);
- системы технического видения (опционально).

На МФИ предполагается отображение множества форматов индикации, к числу которых относятся:

- основной пилотажный дисплей;
- навигационный дисплей;

- формат параметров работы маршевой силовой установки и предупреждений экипажа (EWD);
- формат комплексной системы управления;
- формат топливной системы;
- формат тормозной системы и др.

EWD, вид которого представлен на рисунке 2 (для самолёта Airbus A320), предназначен для вывода информации о работе двигателей, основных данных о состоянии бортовых систем, а также для отображения сообщений об отказах оборудования.



Рисунок 2 – Вид EWD самолёта Airbus A320 [Airbus A320 ECAM displays]

Одной из наиболее ответственных зон EWD является зона вывода текстовых сообщений, предназначенных для предупреждения экипажа о некорректном функционировании систем на борту или об их отказах.

Как правило, имеются следующие уровни приоритета сообщений [AC 25.1322-1, 2010, p. 7–8]:

- «WARNING» (аварийные сообщения наивысшего приоритета);
- «CAUTION» (предупреждающие сообщения, имеющие более низкий по сравнению с типом «WARNING» приоритет);

- «ADVISORY» (уведомляющие сообщения, имеющие более низкий по сравнению с типом «CAUTION» приоритет);
- «MEMO» (уведомляющие сообщения наименьшего приоритета).

При появлении сообщений типов «WARNING» и «CAUTION» члены экипажа должны подтвердить их прочтение, что осуществляется путём нажатия на специальные светосигнальные кнопки, установленные в кабине. Неподтверждённые сообщения обозначаются на EWD с помощью маркера – символа (например, прямоугольника), отображаемого перед ними.

Цель работы и постановка задачи

Целью работы является разработка программного средства, автоматизирующего процесс верификации СЭИ современных и перспективных объектов гражданской авиационной техники.

Для достижения указанной цели поставлена задача создания ПО для распознавания текстовой информации (в частности, сообщений, индицирующихся на EWD) для автоматизации верификации СЭИ гражданских самолётов на системном уровне.

Выбор программно-алгоритмических средств реализации задачи

Реализация задачи осуществляется посредством распознавания текста на изображениях, получаемых кадрированием видеопотока с web-камеры, установленной напротив индикатора на стенде полунатурного моделирования СЭИ самолёта.

В качестве программно-алгоритмических средств реализации задачи выбраны:

- язык программирования Python 3 для написания программного кода;
- нейронная сеть Tesseract для распознавания текстовой информации на EWD;
- среда TechSAT ADS2 для задания значений параметров, обеспечивающих формирование сообщений.

Python 3 выбран в силу простоты синтаксиса и наличия большого количества вспомогательных пакетов и библиотек.

Нейронная сеть Tesseract обеспечивает высокую точность распознавания за счёт анализа большого количества признаков изображения и скрытых взаимосвязей между ними.

К преимуществам TechSAT ADS2 – интегрированной программной среды и аппаратной платформы для создания прототипов технических систем аэрокосмической промышленности – относятся:

- проектирование систем с помощью моделирования;
- высокая скорость цикла разработки;
- интеграция ведущих отраслевых решений на общую платформу;
- поддержка сертификации систем в рамках процессов согласно SAE ARP4754A;
- поддержка интерфейсов, применяемых в отрасли (в т. ч. ARINC 429, ARINC 664, ARINC 825, MIL-STD-1553 и др.).

Методика проведения тестирования с применением разработанного ПО

Разработанное ПО, выполняющее описанный ранее функционал, имеет трёхкомпонентную архитектуру:

- модуль обработки входного изображения;
- модуль логики;
- модуль формирования выходных данных.

Вначале верификатором задаются матрицы ожидаемых результатов, включающие цвет и текст сообщений, наличие маркеров. Далее задаются значения параметров для формирования сообщений на формате. После их вывода на EWD на дисплее web-камера формирует кадрируемый в дальнейшем видеопоток. Полученные кадры поочерёдно подаются на вход программы.

Далее ПО обеспечивает распознавание текста сообщений и формирует выходную матрицу теста, содержащую массив распознанной информации.

После выполняется сравнение эталонных и выходных матриц, по результатам которого формируется результат прохождения теста.

Web-камера должна быть установлена напротив МФИ параллельно плоскости матрицы дисплея для минимизации влияния оптических эффектов искажения. Одной из задач верификатора является настройка камеры для обеспечения минимальных искажений в формируемом видеопотоке.

Кадрированный видеопоток преобразуется модулем обработки входного изображения к виду, необходимому для последующего распознавания текстовой информации.

На вход блока логики подаётся обработанный кадр, который разбивается на строки, последовательно обрабатываемые нейронной сетью Tesseract.

Распознавание маркеров осуществляется посредством поиска соответствующих символов (в частности, прямоугольников) на основе их эталонных изображений, заданных априорно.

После определяется цвет строк путём использования функций библиотеки PIL Python. Изначально задаются диапазоны значений тонов, на основе которых производится поиск необходимого цвета методом определения HSV-координат. При совпадении цикл поиска завершается и выводится значение полученного цвета в кодировке HSV.

Далее в блоке выходных данных осуществляется операция построчного вывода всех распознанных сообщений в выходной массив и производится его построчное сравнение с эталонным массивом.

Тестирование разработанного ПО

Для подтверждения работоспособности разработанного программного средства была проведена серия из около 1120 экспериментов, по результатам которой установлена точность распознавания текстовой информации и маркеров, равная 97,19%, а также точность определения цвета, равная 98,26%.

Несмотря на получение не 100% точности распознавания, полученные показатели достаточно велики. В случае непрохождения теста необходимо

вручную повторить испытания отдельно взятых сообщений. При этом количество неавтоматизированных проверок сокращается примерно в 40-45 раз относительно полностью ручного тестирования.

Заключение

Использование разработанного ПО и описанной методики его применения позволяют значительно сократить время верификации форматов индикации, содержащих текст (в частности, EWD), и сэкономить финансовые ресурсы на верификацию на системном уровне в целом. Глобально сокращение времени испытаний СЭИ уменьшает сроки производства самолёта и ускоряет процесс его сертификации.

Библиографический список

1. AC 25.1322-1 Flightcrew Alerting. – The USA: Washington, FAA, 2010. – 42 p.
2. Airbus A320 ECAM displays [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.key2study.com/66web/a320ecam/>, свободный. (Дата обращения: 11.10.2019).
3. ARP4754A Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems. – The USA: Warrendale, SAE International, 2010. – 115 p.
4. Top 20 Software Testing Companies in 2019 [Электронный ресурс]. – URL: https://medium.com/@andy_dassan/top-software-testing-companies-in-2019-c418b24f69d0, свободный. (Дата обращения: 11.10.2019).

References

1. AC 25.1322-1 Flightcrew Alerting. – The USA: Washington, FAA, 2010. – 42 p. (in English)
2. Airbus A320 ECAM displays [Electronic source]. – URL: <http://www.key2study.com/66web/a320ecam/>. (accessed date: 11.10.2019). (in English)
3. ARP4754A Guidelines for Development of Civil Aircraft and Systems. – The USA: Warrendale, SAE International, 2010. – 115 p. (in English)
4. Top 20 Software Testing Companies in 2019 [Electronic source]. – URL: https://medium.com/@andy_dassan/top-software-testing-companies-in-2019-c418b24f69d0. (accessed date: 11.10.2019). (in English)