



Государственный научный центр Российской Федерации  
Федеральное автономное учреждение

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
(ФАУ «ГосНИИАС»)**

Юридический адрес: Викторенко ул., д.7, корп.2, г. Москва, 125319  
Для почтовых отправлений: 125319, г. Москва, а/я 55  
Тел.: (499) 157-70-47, факс: (499) 943-86-05, e-mail: info@gosniias.ru;  
<http://www.gosniias.ru>

ОКПО: 51610303, ОГРН: 1227700109295, ИНН/КПП: 7714482225/771401001

05.12.2023 № 2200/9012

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

О направлении отзыва ведущей  
организации

Проректору по научной работе  
федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский  
университет)» МАИ, д.т.н., проф.

Равиковичу Ю.А.

125993, г. Москва, Волоколамское ш. д.4

Уважаемый Юрий Александрович!

Направляю Вам отзыв ведущей организации на кандидатскую диссертацию Дяченко Сергея Александровича «Разработка комплекса автоматизации верификации человеко-машинного интерфейса системы электронной индикации гражданских самолетов в части текстовой информации», представленную в диссертационный совет 24.2.327.03 на базе ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по научной специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)».

Приложение:

Отзыв ведущей организации

на 6 листах, 2 экз.

Заместитель  
директора – руководитель научного  
комплекса ФАУ «ГосНИИАС»,  
д.т.н., профессор РАН

*С. Суваченко,*  
генерального

Н.И. Сельвесюк

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«5» 12 2023



**УТВЕРЖДАЮ**

Заместитель генерального директора по науке  
ФАУ «ГосНИИАС»,  
д.т.н., академик РАН С.Ю. Желтов

« 4 » 12 2023 г.

## **ОТЗЫВ**

**ведущей организации на диссертационную работу  
Дяченко Сергея Александровича «Разработка комплекса автоматизации  
верификации человеко-машинного интерфейса системы электронной  
индикации гражданских самолетов в части текстовой информации»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные  
методы и комплексы программ (технические науки)**

### **Актуальность темы диссертационной работы**

По статистике авиационных происшествий потеря управляемости в полёте является лидирующей причиной катастроф по количеству жертв. К ней относятся причины, по которым экипаж не смог сохранить управление в полёте, в т. ч. сбой или неисправность системы / компонента самолёта, ухудшенные метеорологические условия, действия пилотов, связанные с низкой видимостью. При этом неисправность функционального узла может быть вызвана ошибкой, допущенной при проектировании и не выявленной своевременно.

Для обеспечения безопасности разрабатываемых комплексов предусмотрены различные меры. Среди них – сокращение влияния человеческого фактора при создании бортовых систем, что достигается за счёт средств автоматизации. Однако в состав комплекса авионики входят компоненты, для автоматизации проверки которых функционала существующих инструментов недостаточно. К ним относятся системы человеко-машинного интерфейса (ЧМИ), а именно системы электронной индикации (СЭИ) и сигнализации в кабине. Средства, способные фиксировать и обрабатывать органолептическую информацию, на настоящий момент отсутствуют.

Таким образом, разработка комплексов, позволяющих автоматизировать верификацию ЧМИ СЭИ, является весьма актуальной.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

« 5 » 12 2023

## Краткая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх основных разделов, заключения, списка литературы, списка сокращений и условных обозначений, которые в общей сложности занимают 120 страниц.

**Во введении** автором отражены актуальность, научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы цель и задачи диссертации, определены объект, предмет, и методы исследования.

**В первой главе** автором проанализированы СЭИ современных гражданских самолётов (назначение, функции, состав), указания нормативной документации, предъявляемые к их ЧМИ, и средства автоматизации верификации встраиваемых бортовых систем, имеющиеся на рынке.

В результате сформированы следующие основные выводы.

1. На сегодняшний день основным источником полётных данных для экипажа служит многофункциональный индикатор, представляющий широкоформатный жидкокристаллический дисплей, отображающий разнородную информацию в виде текста (цифр, букв) и графических примитивов. Она характеризуется цветом, размером, расположением, формой, заливкой, частотой мигания и пр. свойствами.

2. Требования руководства Р-25-11А по проектированию СЭИ и их ЧМИ в части общих характеристик индикаторов, представления текстовых данных и используемых цветов в большинстве имеют качественный вид. Преимущественно ЧМИ СЭИ определяется проектными решениями, принятыми для конкретного воздушного судна по различным соображениям.

3. Проведённый анализ инструментов автоматизации верификации, представленных на рынке, позволяет утверждать, что продукты для систем ЧМИ, автоматизированно фиксирующие и обрабатывающие органолептическую информацию, на текущий момент отсутствуют. Их реализация возможна на основе методов компьютерной обработки изображений и звука.

4. Поставлена задача диссертационного исследования – разработка комплекса автоматизации верификации текстовой информации ЧМИ СЭИ, позволяющего проверить реализацию отображения надписей по критериям корректности текста, цвета, размера шрифта и расположения.

**Во второй главе** автором разработана архитектура комплекса (в т. ч. описаны его функции, принцип работы, аппаратная и программная части), сформулированы соответствующие требования, ограничения и допущения. Дополнительно рассмотрено методическое обеспечение распознавания надписей на изображениях, выделены преимущества и недостатки для существующих подходов.

В результате сформированы следующие основные выводы.

1. Функции, которые способен выполнять комплекс, в общем случае позволяют проводить разноуровневое тестирование ЧМИ (с моделью / ПО / системой в контуре). Тем не менее, в работе акцент сделан именно на тестировании системы в контуре.

2. На основании когнитивных способностей человека и оптических характеристик глаза установлены минимальные показатели точности определения верифицируемых параметров. Максимальное время выполнения теста найдено на основе их эмпирической оценки, полученной в ходе испытаний вручную.

3. Принятые ограничения по работе комплекса обусловлены унифицированными принципами, которые соблюдают разработчики СЭИ современных гражданских самолётов при проектировании ЧМИ, и указаниями Р-25-11А.

4. В итоге анализа отмеченных методов распознавания текста по изображениям, учитывая ранее сформулированные требования, ограничения и допущения, для реализации в рамках комплекса выбрана шрифтозависимая нейронная сеть Tesseract OCR в связи с её высокими показателями точности, возможностью дообучения любому шрифту, открытому исходному коду и наличию подробной документации.

**В третьей главе** автором разработано программно-алгоритмическое обеспечение модуля автоматизации верификации ЧМИ СЭИ. Подробно рассмотрены примененные методы и математические модели для калибровки камеры, выделения зоны с текстом на фотографии формата индикации, разбиения области интереса на строки, определения верифицируемых параметров для каждой их них. Также описаны алгоритмы проверки необходимых условий перед началом тестирования, обучения Tesseract OCR, формирования отчёта об испытаниях. Указаны использованные при создании ПО инструментальные среды, библиотеки, разработанные программные подмодули, а также минимальные технические требования.

В результате сформированы следующие основные выводы.

1. В рамках калибровки камеры принята модель с точечной диафрагмой, дополненная с учётом коррекции радиальной и тангенциальной дисторсий объектива. Вычисление ее внешних и внутренних параметров осуществляется с помощью «гибкого» метода Чжана.

2. Выделение зоны с текстом обеспечивается посредством следующих операций: перевод изображения в градации серого, шумовая фильтрация, размытие, бинаризация и обнаружение контуров. После нахождения области реализованы аппроксимация её вершин, коррекция перспективы и обрезка.

3. Разделение полученной области на строки выполняется путём построчного вычисления проекций интенсивности пикселей бинаризованного изображения зоны и поиска точек перепада яркости.

4. Разработанное ПО состоит из 8 подмодулей, реализующих предусмотренные функции модуля автоматизации верификации ЧМИ СЭИ.

**В четвертой главе** автором определены ожидаемые условия эксплуатации комплекса в части освещения (внешней освещённости, засветок), углов ориентации камеры (крена, тангажа, рыскания) и её расстояния до индикатора. Также отражены итоги проведённого тестирования на примере текстовых сообщений предупреждения экипажа, индицируемых СЭИ самолёта МС-21.

В результате сформированы следующие основные выводы.

1. Установлены ожидаемые условия эксплуатации СЭИ.

2. По результатам серий экспериментов установлено, что дополнительно применение разработанного комплекса в сравнении с испытаниями текстовых сообщений вручную позволило сократить совокупное время верификации более чем в 4 раза, а также количество неавтоматизированных проверок в 50 раз.

3. Неудачные распознавания текста преимущественно обусловлены невозможностью его обнаружения или ошибкой второго рода (ложноположительных случаев не было).

4. Ранее предъявленные требования к точности определения верифицируемых параметров и длительности тестирования выполнены. Полученные результаты подтвердили работоспособность и адекватность предложенного комплекса для решения поставленной задачи.

Текст автореферата полностью отражает содержание диссертационной работы.

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в следующем.

1. Разработан программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий автоматизацию верификации текстовой информации ЧМИ СЭИ с заданными показателями качества. Анализ предметной области позволяет утверждать, что в настоящее время подобные решения отсутствуют.

2. В рамках созданного программно-аппаратного комплекса автоматизации верификации текстовой информации ЧМИ СЭИ выполнена интеграция алгоритмического обеспечения, реализующего калибровку камеры, выделение зоны с текстом на фотографии формата индикации и разбиение её на строки, определение верифицируемых параметров для каждой из них, проверку начальных условий, обучение нейронной сети Tesseract OCR и формирование отчёта об испытаниях.

3. Для конкретного типа гражданского воздушного судна сформирована база данных тестовых примеров отображаемых текстовых сообщений, охватывающая их полное разнообразие.

4. Проведены стендовые испытания комплекса, по итогам которых подтверждена достоверность распознавания надписей на уровне 98,1% для текста, 99,5% для цвета, 98,8% для размера шрифта, 97,6% для расположения.

**Достоверность результатов** подтверждается корректным применением математического аппарата и их экспериментальной проверкой.

**Практическая значимость** заключается в повышении надёжности СЭИ за счёт снижения влияния человеческого фактора при верификации ЧМИ, а также сокращении временных и финансовых ресурсов, затрачиваемых на данный процесс.

Поскольку методы компьютерного зрения, лежащие в основе работы, универсальны, возможна их адаптация для задачи автоматизации верификации любых технических систем ЧМИ (в т. ч. не только для авиационной отрасли).

**Рекомендации по использованию результатов и выводов.** Полученные в диссертационной работе результаты, а именно программно-аппаратный комплекс автоматизации верификации текстовой информации ЧМИ СЭИ с использованием нейросетевых алгоритмов распознавания текстовых сообщений, могут быть использованы предприятиями авиационной отрасли ПАО Яковлев, филиалом Центр комплексирования ПАО Яковлев, Раменским приборостроительным конструкторским бюро, Ульяновским приборостроительным конструкторским бюро, НИИ авиационного оборудования, Московским институтом электронной автоматики при разработке бортовых индикаторов и функционального программного обеспечения отечественных гражданских воздушных судов.

#### **Замечания к диссертационной работе**

1. При определении условий эксплуатации комплекса не установлены ожидаемые значения яркости индикатора. Высокая яркость может оказывать влияние на корректное распознавание цвета текстовой информации (янтарный может восприниматься как белый).

2. Явно не указано, позволяет ли комплекс проводить верификацию любых отображаемых надписей или только сообщений на формате EWD, есть ли необходимость специальной настройки комплекса для распознавания текста на других форматах и проводились ли соответствующие испытания.

3. Имеются опечатки в тексте диссертации.

## Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Дяченко С. А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная научная задача повышения надёжности СЭИ гражданских самолётов за счёт автоматизации процесса верификации ЧМИ в части текстовой информации.

Результаты, полученные автором лично, в достаточной степени апробированы на международных и всероссийских научно-технических конференциях и опубликованы в виде 15 работ, в т. ч. 4 статья в журналах из Перечня рецензируемых научных изданий ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ.

Диссертационная работа оформлена качественно, полностью в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании научно-технического совета подразделения № 2200 (протокол № 20 от 28.11.2023 г.).

Заместитель генерального директора –  
руководитель научного комплекса  
ФАУ «ГосНИИАС», д.т.н., профессор РАН

Н.И. Сельвесюк

Начальник лаборатории  
к.т.н.

И.И. Грешников

Ведущая организация:

Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»

125319, Россия, г. Москва, ул. Викторенко, д. 7

+7 (499) 157-70-47, info@gosniias.ru

С отзывом ознакомлен

05.12.2023