

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИЦ ИУ РАН,  
академик РАН



Соколов И.А.

06 2022 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения  
«Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»  
Российской академии наук»

Диссертационная работа Ефимова Юрия Сергеевича «Методы детектирования подделок в биометрических системах на мобильном устройстве», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики», выполнена в отделе №31 Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель учёной степени Ефимов Юрий Сергеевич работал в компании Общество с ограниченной ответственностью «Исследовательский центр Самсунг» в лаборатории биометрического распознавания на должности старшего инженера и в исследовательском отделе ООО "Артек Венчурз" в должности инженера-исследователя 3 категории.

В 2018 г. окончил факультет управления и прикладной математики Московского физико-технического института по специальности «прикладные математика и физика» и поступил на очную аспирантуру Московского физико-технического института по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики», где обучается в настоящий момент.

Научный руководитель – д.т.н. Матвеев Иван Алексеевич – работает в федеральном государственном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» в должности главного научного сотрудника.

По итогам обсуждения было принято следующее заключение:

**Актуальность темы исследования.** Методы биометрического распознавания все чаще находят применение в мобильных устройствах. Целью использования методов является возможность автоматической аутентификации пользователя для ограничения доступа к устройству, персонификации, а также совершения защищённых финансовых транзакций. В настоящее время используемые в смартфонах биометрические модальности демонстрируют уязвимость по отношению ко взлому при помощи поддельных биометрических характеристик человека. Характерные для сценариев мобильного применения слабоконтролируемые условия регистрации изображения, а также ограничения по вычислительным ресурсам не позволяют обеспечить достаточную точность детектирования поддельных образцов, быстродействие и устойчивость к изменению окружения с использованием существующих методов.

Поэтому важным направлением для исследований в области является создание комплексного решения, способного обрабатывать изображения радужки и лица низкого качества на мобильном устройстве в реальном времени, обеспечивать точность определения живости, сравнимую с известными из литературы аналогами для немобильных приложений и удобство использования.

В ходе работы были поставлены и достигнуты следующие **цели**:

1. Создать методы и алгоритмы для автоматического обнаружения попыток подлога видеообраза лица, способные обрабатывать каждое изображение с частотой поступления кадров на мобильном устройстве, удовлетворяющие критериям: вероятность ложного недопуска меньше 3%, вероятность ложного пропуска меньше 1%;

2. Создать методы и алгоритмы выявления подделок лица по стереоизображению, получаемому при помощи камеры с малым стереобазисом, способные обеспечивать защиту от распространённых видов атак, обрабатывающие входные данные в реальном времени, т. е. с частотой поступления кадров на мобильном устройстве;

Разработать методы и алгоритмы поиска границ радужной оболочки глаза для входных данных низкого качества;

Создать методы и алгоритмы обнаружения попыток взлома в мобильной системе распознавания по радужке, способные обеспечивать защиту от ранее не рассматриваемых видов атак.



### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Выделены специфические качества методов определения живости видеообразов лица и радужки в системах биометрического распознавания, используемых в мобильных устройствах, описаны основные ограничения и требования, предъявляемые к алгоритмам определения живости и защиты от подделок;

2. Разработан и внедрён многостадийный метод определения живости по видеообразу лица для пользователей смартфонов, оборудованных единственной фронтальной камерой; предложена методология сбора репрезентативной базы данных и с её помощью получена база изображений лиц в условиях, имитирующих применение системы распознавания человеком в повседневной жизни, осуществлена программная реализация метода;

3. Описаны и исследованы виды подделок лица, которые могут быть обнаружены при использовании мобильных стереокамер с малым базисом, предложена методология сбора и с её помощью получена собрана база стереоизображений подлинных лиц и подделок, предложен метод защиты от взлома с высокой обобщающей способностью, произведено тестирование на открытой базе стереоизображений лиц;

4. Выделена группа методов поиска границ радужки на изображении для мобильных биометрических приложений, разработан и программно реализован нейросетевой метод решения задачи, произведена его оценка и сравнение с описанными в литературе решениями;

5. Описаны и исследованы новые способы изготовления подделок радужки, собрана база данных изображений подлинных и искусственных образцов, разработаны метод распознавания живости глаза, устойчивый к новым видам подделок глаз, произведено его сравнение с аналогами из литературы по качеству решения задачи и производительности.

**Научная новизна.** Разработаны и предложены: метод защиты от подделывания в системах распознавания по видеообразу лица, обладающий многостадийной структурой и способный работать на мобильном устройстве с ограниченными вычислительными возможностями в режиме реального времени в сценариях изменяющихся условий окружения; метод защиты от подделывания изображения лица для мобильных систем, оборудованных стереокамерой с малым стереобазисом, обеспечивающий защиту от распространённых видов атак; метод аппроксимации границ радужки при помощи нейронных сетей, допускающий применение для изображений как высокого, так и низкого



качества; метод обнаружения попыток подделывания радужки, способный противодействовать, в том числе, ранее не рассматриваемым способам взлома.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты, изложенные в диссертации, используются в мобильных устройствах, выпускаемых компанией Samsung Electronics Co. Ltd.

Среди устройств флагманские модели, выпускаемые компанией в период с 2018 по 2021 гг.: смартфоны Samsung Galaxy S9/S9+, смартфон Samsung Galaxy Note9, планшет Samsung Galaxy Tab S4, смартфоны Samsung Galaxy S10e/S10/S10+, смартфоны Samsung Galaxy Note10/Note10 Ultra, смартфоны Samsung Galaxy S20/S20+/S20 Ultra, смартфоны Samsung Galaxy Note20/Note20 Ultra, смартфоны Samsung Galaxy Fold/Z Fold2/Z Fold3, смартфоны Samsung Galaxy S21/S21+/S21 Ultra.

**Степень достоверности.** Достоверность результатов обеспечивается обширным анализом работ в области исследования, описанием проведенных экспериментов, их воспроизводимостью и результатами практического применения.

**Апробация работы.** Основные положения и результаты работы докладывались автором на конференциях:

1. 20-я Всероссийская конференция с международным участием «Математические методы распознавания образов» (ММРО-2021), Москва, 2021;
2. 64-я Всероссийская научная конференция МФТИ, Москва, 2021;
3. Samsung Biometric Workshop, Moscow, Russia, 2019;
4. 19-я Всероссийская конференция с международным участием «Математические методы распознавания образов» (ММРО-2019), Москва, 2019;
5. International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (ICPRAI 2019), Montreal, Canada, 2018;
6. Intelligent Data Processing Conference, Gaeta, Italy 2018;
7. 2017 Sino-Russia Joint Conference on Numerical Optimization and Pattern Recognition, Nanjing, China, 2017.
8. Intelligent Data Processing Conference (IDP), Barcelona, Spain, 2016;
9. Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2016», г. Томск, 2016.
10. 58-я научная конференция МФТИ, г. Долгопрудный, 2015.
11. 17-я Всероссийская конференция «Математические методы распознавания образов» (ММРО-2015), Светлогорск, 2015.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

в изданиях из списка ВАК и/или индексируемых WoS и Scopus:

1. Ефимов Ю. С., Матвеев И. А. Выделение точных границ радужки на изображении глаза // Информационные Технологии, Т. 23. № 4. С. 300-309, 2017.
2. Efimov I., Odnokikh G., Korobkin M., Solomatin I., Matveev I. Iris Anti-spoofing Solution for Mobile Biometric Applications // Pattern Recognition and Image Analysis. 2018. V.28. N.4. P.670-675. DOI: 10.1134/S1054661818040259
3. Korobkin M., Odnokikh G., Efimov I., Solomatin I., Matveev I. Iris Segmentation in Challenging Conditions // Pattern Recognition and Image Analysis. 2018. V.28. N.4. P.652-657. DOI: 10.1134/S1054661818040193
4. Odnokikh G., Solomatin I, Korobkin M., Efimov I. and Fartukov A. Iris Feature Extraction and Matching Method for Mobile Biometric Applications // Proc. 2019 International Conference on Biometrics (ICB), Sep. 2019, pp. 1-6. DOI: 10.1109/ICB45273.2019.8987379
5. Ефимов Ю.С., Леонов В.Ю., Одиноких Г.А., Соломатин И.А. Поиск границ радужной оболочки при помощи сверточных нейронных сетей // Известия РАН. Теория и системы управления. 2021. №1, с.114-123. DOI: 10.31857/S0002338821010042
6. Ефимов Ю.С., Матвеев И.А. Детектирование подделок в мобильных системах распознавания по лицу при помощи стереокамеры // Известия РАН. Теория и системы управления. 2022. №2. С.86–99. DOI: 10.31857/S0002338822020068

в иных изданиях, (индексируемых РИНЦ):

1. Ефимов Ю. С., Матвеев И. А. Поиск внешней и внутренней границ радужной оболочки на изображении глаза методом парных градиентов // Машинное обучение и анализ данных. 2015. Т.1. №14. С. 1991-2002.
2. Ефимов Ю. С., Матвеев И. А. Поиск внешней и внутренней границ радужной оболочки на изображении глаза методом парных градиентов // Тезисы докладов 17-й Всероссийской конференции Математические методы распознавания образов. г.Светлогорск, 19-25 сентября 2015 г., С. 174-175.
3. Ефимов Ю. С., Матвеев И. А. Сегментация радужной оболочки методом парных градиентов и уточнение границы зрачка на изображении глаза // Тезисы докладов 11-й Международной конференции «Интеллектуализация обработки информации», Барселона, Испания, 10-14 октября 2016 г., С. 112-113.



4. Ефимов Ю. С., Чигринский В.В., Матвеев И. А. Быстрый алгоритм поиска границ зрачка и радужной оболочки глаза // Машинное обучение и анализ данных. 2016. Т.2. №2. С. 159-172.

5. Ефимов Ю. С., Чигринский В.В., Матвеев И. А. Быстрый алгоритм поиска границ зрачка и радужной оболочки глаза // Тезисы докладов 11-й Международной конференции «Интеллектуализация обработки информации», Барселона, Испания, 10-14 октября 2016 г., С. 120-121.

6. Ефимов Ю.С., Одиноких Г.А., Соломатин И.А. High-quality presentation attack detection in a mobile iris recognition system // Proc. Russian National Conference MMPR-18, 2018, С. 94-95.

7. Одиноких Г.А., Коробкин М.В., Ефимов Ю.С., Соломатин И.А. Iris Segmentation in Challenging Conditions // Proc. Russian National Conference MMPR-18, 2018, С. 138-139.

8. Ефимов Ю.С., Одиноких Г.А., Соломатин И.А. Iris boundaries approximation by classifying convolutional neural network // Proc. Russian National Conference MMPR-18, 2018, С. 142-143.

9. Efimov I., Korobkin M., Odinokikh G., Solomatin I. and Matveev I. Iris Anti-spoofing Solution for Mobile Biometric Applications // Proc. Intern. Conf. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, ICPRAI-2018, pp. 666-671, Montreal, Canada, May 2018.

10. Odinokikh G., Efimov I., Solomatin I. and Matveev I. Iris Segmentation in Challenging Conditions // Proc. Intern. Conf. Pattern Recognition and Artificial Intelligence, ICPRAI-2018, pp. 656-660, Montreal, Canada, May 2018.

11. Efimov I. and Matveev I. Spoofing Detection in Mobile Face Recognition Using a Stereo Camera, Proceedings of Russian National Conference MMPR-20, 2021, С. 264.

Содержание диссертации и основные положения, выносимые на защиту, отражают **персональный вклад автора** в опубликованные работы. Подготовка к публикации полученных результатов проводилась совместно с соавторами, причем вклад диссертанта был определяющим. Все представленные в диссертации результаты получены лично автором.

Диссертационная работа Ефимова Ю.С. «Методы детектирования подделок в биометрических системах на мобильном устройстве» является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям пунктов 9, 10 и 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24

сентября 2013 г. № 842, а также Паспорту научной специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики» (технические науки), в частности по следующим пунктам:


- пункт 5: Разработка и исследование моделей и алгоритмов анализа данных, обнаружения закономерностей в данных и их извлечения разработка и исследование методов и алгоритмов анализа текста, устной речи и изображений.
- пункт 7: Разработка методов распознавания образов, фильтрации, распознавания и синтеза изображений, решающих правил. Моделирование формирования эмпирического знания.

Диссертация Ефимова Юрия Сергеевича на тему: «Методы детектирования подделок в биометрических системах на мобильном устройстве» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Заключение принято на заседании семинара отдела №31 отделения №3 Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук». Присутствовало на заседании 13 человек. Результаты голосования «за» 13-человек, «против» - нет, «воздержалось» - нет.

Протокол №1 от 14 июня 2022 г.

Председатель семинара:  
д.т.н., проф.  
в.н.с. отдела №31 ФИЦ ИУ РАН

  
\_\_\_\_\_ В.Д.Ильин

Секретарь:  
к.ф.-м.н.  
н.с. отдела №31 ФИЦ ИУ РАН

  
\_\_\_\_\_ А.Н.Гнеушев