

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Чернышова Виктора Геннадьевича
«Биометрическая идентификация личности по изображению внешней стороны ладони на базе мобильного устройства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.17 – «Теоретические основы информатики».

Актуальность темы диссертации. Проблема компьютерной идентификации личности человека по внешним характеристикам была и остается одной из важнейших проблем распознавания. Несмотря на определенные успехи, достигнутые в этой области – идентификация по радужной оболочке глаза или подписи, актуальность задачи поиска надежных признаков, позволяющих быстро и надежно идентифицировать личность, увеличивается с ростом и расширением киберпространства. Найденные и обоснованные в диссертации признаки внешней стороны кисти руки человека дают новое – и очень неожиданное – средство, которое может быть использовано в широком классе ситуаций реальной жизни. Безусловным плюсом технологии идентификации по изображению внешней стороны кисти руки является то, что для неё оказываются достаточными возможности современных мобильных телефонов, следствием чего является доступность и отсутствие нужды в специализированных устройствах и сенсорах. Однако изучение релевантной научной литературы и публикаций в сии показывает, что общественности до сих пор не представлены программные комплексы, пригодные для повседневной эксплуатации на мобильных устройствах. Одна из причин, вероятно, заключается в технических сложностях – необходимы быстрые и надёжные алгоритмы, которые обеспечат нужный уровень точности в условиях съёмки «с руки». Их созданию, а также разработке самого программного комплекса посвящена диссертация Чернышова В.Г.. Тему работы при этом, безусловно, можно считать актуальной и значимой как для науки, так и для практики.

Содержание. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения. Во **введении** обосновывается актуальность работы, формулируются цели и задачи исследования, тезисно излагается подход к решению. Также автор перечисляет доклады и публикации по теме работы, обозначает значимость своего исследования. Во **второй главе** содержится обзор методов идентификации человека по ладони. Рассматриваются подходы на базе формы, изображений внутренней стороны ладони, изображений внешней стороны ладони, или, лучше сказать, кисти руки человека, а также их комбинаций. Под обсуждение систем идентификации по ладони на базе мобильных устройств отведен отдельный раздел. Автор анализирует

публикации в контексте сформулированных во введении требований к системе идентификации и делает вывод об отсутствии в научной литературе методов распознавания по внешней стороне кисти руки (и соответствующих программных комплексов), ориентированных на мобильные устройства. **Третья глава** несёт основную содержательную нагрузку в диссертации. Она начинается с изложения основных понятий машинного обучения применительно к задачам исследования, после чего формулируется идея декомпозиции задачи идентификации на задачи детектирования и распознавания. Для этого определяется «корректная» ладонь и предлагается процедура семантической разметки и проверки на корректность, основанная на непрерывном медиальном представлении фигуры. Следующим этапом является выявление кадров, в которых «смазаны» области пальцев. Завершается метод детектирования процедурой формирования данных, задающих пиксели областей объекта-кисти руки и фона (т.н. «зёрна») для передачи в метод распознавания. В свою очередь, описание метода распознавания «стартует» с процедуры графовой сегментации, использующей «зёрна». Далее в работе приводится метод поиска области кожных складок на пальце. К найденной области применяется метод формирования признакового описания на основе двумерных фильтров Габора. Автор вводит два семейства фильтров, отличающихся между собой параметрами амплитуды и длины волны, что позволяет выявлять текстурные особенности с разным характерным размером. За счёт применения фильтров к узлам равномерной сетки, определенной на области кожных складок, достигнуто существенное сокращение вычислительной сложности. Для сравнения текстурных признаков применяется расстояние, учитывающее круговую природу ориентации в каждой точке. Также предлагается дополнительная мера различия между областями кожных складок, использующая алгоритм попарного сопоставления SIFT-дескрипторов. Расстояние между соответствующими пальцами формируется как линейная комбинация SIFT- и Габор-расстояния между их признаковыми описаниями, а итоговое между ладонями – как минимальное среди расстояний по пальцам. **Четвёртая глава** является экспериментальной – проводится тестирование методов детектирования и распознавания, применяя методологию машинного обучения. Показатели точности семантической разметки, точности определения корректности и производительности обосновывают возможность применения метода детектирования на мобильном устройстве в системе идентификации. Далее приводятся результаты сравнительного тестирования метода распознавания на двух базах изображений при различных комбинациях признаков, которое подтверждает эффективность выбранного признакового описания на основе текстурных особенностей кожных складок пальцев в условиях «свободных» условий съёмки. **Пятая глава** знакомит читателя с принципами функционирования, техническими

особенностями и структурой разработанного программного комплекса. В начале главы обсуждается насколько сформулированные перед началом исследования требования к системе соответствуют реальным характеристикам программного комплекса. После введения ряда определений приводятся основные сценарии работы системы, обсуждается функциональность отдельных компонентов: мобильного приложения, сервера, веб-интерфейса.

Научная новизна. Среди новых результатов диссертации Чернышова В.Г. хотелось бы выделить следующие:

1. Автором конструктивным путём (созданы и протестированы методы, реализована «под ключ» система идентификации) обоснована возможность создания системы идентификации человека по снимкам внешней стороны кисти руки при использовании в качестве аппаратной части серийного мобильного устройства. На примере разработанного программного комплекса показано, что данная задача решается в реальном времени со свободным положением руки в кадре.
2. Предложена декомпозиция исходной задачи идентификации по кисти руки на задачи детектирования и распознавания, что позволило не только лучше формализовать отдельные этапы исследования, но и реализовать подход в рамках общей клиент-серверной архитектуры системы.
3. Разработаны оригинальные методы анализа снимков кисти руки:
 - детектирования ладони, использующий непрерывное медиальное представление формы;
 - генерации текстурных признаков ладони по областям кожных складок пальцев, в основе которого SIFT-дескрипторы и два семейства фильтров Габора;
 - расчёта функции расстояния между изображением наблюдаемой ладони и эталонным изображением на основе признаковых описаний.

Практическая значимость, ценность для предметной области. Диссертация Чернышова В.Г. изначально ориентирована на актуальную прикладную задачу. Однако в ходе изысканий, направленных на получение работоспособного программного комплекса, им получены результаты, имеющие общенаучную ценность для предметной области, связанной с биометрией ладони. В частности:

- разложение задачи идентификации ладони на задачи детектирования и распознавания с вынесением как минимум процедуры детектирования на клиент;
- демонстрация возможностей скелетного представления формы *гибких* объектов (тех, чьи деформации могут быть описаны путём параметризации

циркулярного дерева) на примере ладони: для детектирования самого объекта, последующего поиска областей интереса на нём, а также при построении моделей объекта/фона в методах сегментации «с учителем»;

- использование комбинации семейств двумерных фильтров, направленной на выявление кожных особенностей разного размера и ориентации;
- введение понятия *сессии* идентификации, позволяющее гибко для администратора программной системы и понятно для пользователя организовать процесс идентификации пользователя.

Очевидным практическим приложением работы является разработка и использование программного комплекса на общественных мероприятиях и в образовательных учреждениях для контроля посещаемости (при этом с минимальными вложениями). Дальнейшее повышение скорости и качества распознавания может позволить данной разработке претендовать на место в нише коммерческих биометрических систем.

Достоверность результатов. Научные положения и рекомендации, сформулированные в диссертации, в достаточной степени подтверждены как теоретически, так и экспериментально. Основные положения были доложены Чернышовым В.Г. на конференциях и семинарах, а также опубликованы в авторитетных печатных изданиях. Система идентификации по внешней стороне ладони выставлялась на XIII и XIV Московском фестивале науки от факультета ВМК МГУ, а также использовалась для учёта студентов, посещающих лекции на ВМК МГУ.

Замечания к работе.

1. Недостаток формализации при описании алгоритмов. Последовательность шагов, приведенные в разделах 3.4.3, 3.5.3, 3.5.6, предпочтительнее оформить в виде алгоритмических блоков.
2. Метод локализации областей складок на пальцах во многом зависит от результатов «точной»/графовой сегментации. Для съёмки Базы-1 и Базы-2 в работе использованы тёмные матовые фоны, контрастные по отношению к ладони. В силу этого вполне вероятно у испытуемого наличия тёмных ногтей, которые приведут к отнесению этих областей к фону. Неясно, как это повлияет на результат локализации и выделения текстурных признаков.
3. Следовало бы подробнее рассмотреть – или хотя бы упомянуть - возможности использования нейронных сетей для реализации целей работы.

Указанные замечания не являются принципиальными и носят скорее характер пожеланий для дальнейшей работы.

Заключение. Диссертация в полной мере отвечает требованиям, установленным Положением о порядке вручения учёных степеней. Она написана грамотно и корректно, имеет продуманную структуру и понятные иллюстрации. Автореферат диссертации соответствует основному содержанию диссертационной работы. Особо хочется выделить элегантную техническую реализацию Чернышовым В.Г. клиентской части программного комплекса, воплощённую в виде мобильного приложения для операционной системы Android.

Работа полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики – а её автор, Чернышов В.Г., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по данной специальности.

Официальный оппонент

доктор технических наук, доцент, профессор Департамента анализа данных и искусственного интеллекта факультета компьютерных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики»

Адрес: 109028, г. Москва, Покровский Бульвар., д.11, к. S942.

Тел.: +7 499 152-0151, +7 963 723-4021

Е-мейл: bmirkin@hse.ru


Миркин Борис Григорьевич

13 января 2022.

Подпись заверяю

13.01.2019

СПЕЦИАЛИСТ ПО КАДРОВОМУ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ
ОТДЕЛА КАДРОВОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ
УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛА
Т.В. ЩЕГОЛЬСКАЯ

