



ПОТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ФГУП «ГосНИИАС»

Желтов С.Ю.

27.01.2016

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»
на диссертацию Федюкова Максима Александровича
«Алгоритмы построения модели головы человека по изображениям для систем виртуальной реальности»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

Актуальность темы. В диссертационной работе Федюкова М.А. рассматривается задача построения модели головы человека по изображениям для систем виртуальной реальности. Технология, разработанная автором и представленная в диссертационной работе, позволяет решать следующие задачи: обнаружение характерных точек лица на парах фотографий анфас и в профиль, оценка антропометрических параметров трехмерной модели головы, генерация текстуры головы человека по паре фотографий анфас и в профиль, включающая синтез участков, невидимых на входных изображениях.

В настоящее время системы виртуальной реальности набирают популярность, как благодаря прогрессу в программном обеспечении, так и благодаря появлению новых средств погружения в виртуальную реальность, таких как комплексы для создания проекционных комнат, шлемы виртуальной реальности, сенсоры дальнего действия для отслеживания положения пользователя, сенсоры ближнего действия для отслеживания положения рук пользователя и др. При этом актуальной проблемой является создание трехмерных моделей пользователей – полностью автоматическое

либо высоко автоматизированное, не требующее существенных затрат времени или наличия специального оборудования. В диссертации Федюкова М.А. ставится задача создания модели головы человека, при этом предлагается осуществлять моделирование по двум фотографиям, сделанным анфас и в профиль. Трехмерные модели человека широко используются в системах виртуальной реальности как часть программно-аппаратных комплексов организации конференций, проведения психологических исследований, приложений идентификации и обеспечения безопасности, симуляторов и образовательных систем. Таким образом, задача автоматизации построения трехмерных моделей человека, повышения скорости и качества этого процесса, является достаточно актуальной.

Научная новизна данной диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложен новый алгоритм обнаружения антропометрических точек лица на парах фотографий анфас и в профиль на основе аппарата несвободных локальных моделей. Предложенный алгоритм отличается от ранее известных тем, что осуществляет многоэтапную оценку координат точек с учетом метрики качества разметки, выполняет поиск на паре фотографий одновременно, имеет в функционале минимизации энергии член, характеризующий взаимную невязку точек, описывающих черты лица, видимые как на фотографии анфас, так и на фотографии в профиль. Благодаря этому предложенный алгоритм обеспечивает более высокую точность обнаружения антропометрических точек лица, а также согласованность положения найденных точек на паре фотографий анфас и в профиль.

2. Предложен новый алгоритм оценки параметров трехмерной модели головы с использованием предварительной разметки базовой полигональной модели, проходящей по ее вершинам и описывающей все черты лица. Предложенный алгоритм отличается от существующих проведением многоэтапной («грубо-точной») оценки параметров трехмерной модели головы с использованием генетического алгоритма для оценки всех параметров и уточнения формы отдельных черт лица методом Нелдера—Мида. Благодаря этому предложенный алгоритм обеспечивает более высокую точность построения модели головы.

3. Предложен оригинальный комплекс алгоритмов генерации текстуры всей головы человека, включающий новые методы фотореалистичного синтеза невидимых областей на основе имеющейся цветовой и геометрической информации.

Предложенный алгоритм отличается от существующих полным фотореалистичным текстурированием модели, осуществляет синтез текстуры с использованием как диффузионных алгоритмов, так и алгоритмов синтеза по образцу, и обеспечивает более высокое воспринимаемое качество по сравнению с существующими аналогами.

Научная значимость диссертации. Автором предложен новый алгоритм обнаружения антропометрических точек лица на парах фотографий анфас и в профиль на основе аппарата несвободных локальных моделей, отличающийся от существующих алгоритмов осуществлением поиска на паре фотографий одновременно, а также многоэтапной оценкой с учетом метрики качества разметки, обеспечивающий более высокую точность обнаружения антропометрических точек лица, а также согласованность положения найденных точек на паре фотографий анфас и в профиль.

После того, как антропометрические точки на входных изображениях найдены, производится автоматическая оценка параметров трехмерной модели головы. Автором предложено осуществлять оценку параметров с использованием предварительной разметки базовой полигональной модели, проходящей по ее вершинам и описывающей все черты лица. По результатам проведенного исследования предложен новый многоэтапный алгоритм оценки параметров трехмерной модели головы с использованием генетического алгоритма оценки параметров и их уточнения методом Нелдера—Мида, отличающийся учетом психофизического процесса восприятия и распознавания композиции и форм черт лица человеком и обеспечивающий более высокую точность построения модели головы.

В начале третьей главы диссертации кратко описывается генерация базовой текстуры головы, а далее решается актуальная задача заполнения текстурой тех областей, которые или загорожены на входных изображениях (область за ухом, полость рта, полная текстура глаза), или совсем не видны (текстуры затылка и темени). Автор рассматривает существующие алгоритмы синтеза текстур: диффузионных алгоритмов и алгоритмов синтеза по образцу, и, используя их, предлагает комплексное решение для получения текстуры всей головы человека, отличающееся от существующих аналогов полным фотореалистичным текстурированием модели и обеспечивающее высокое воспринимаемое качество. В

диссертации приведены иллюстрации работы алгоритмов на широком классе входных изображений (фотографий людей разного пола, возрастов, цвета кожи, волос и глаз) и продемонстрированы результаты сравнения как невязки, так и воспринимаемого визуального качества, показывающие преимущество предложенных алгоритмов по сравнению с существующими аналогами.

Практическая ценность работы. В разработанном автором программном комплексе, основанном на предложенных алгоритмах, реализуются действия, необходимые для построения трехмерных текстурированных моделей головы человека, но не предоставляемые в одном комплексе и с той же степенью автоматизации существующими аналогами. Практическая ценность работы подтверждается наличием свидетельства Роспатента о регистрации программы для ЭВМ, получением федеральных грантов, направленных на поддержку внедряемых наукоемких решений, и использованием полученных моделей в крупных международных компаниях. Основные результаты диссертации опубликованы в ряде научно-технических журналов, в том числе в изданиях, рекомендованных ВАК; доложены на пяти международных семинарах и конференциях. Автореферат диссертации раскрывает содержание диссертации с достаточной полнотой.

Рекомендации по использованию результатов работы. Результаты и выводы диссертации Федюков М.А. предлагается использовать в дальнейшем в системах организации многопользовательских конференций, при проведении психологических исследований по восприятию и распознаванию лиц, при построении систем виртуальной реальности, в частности, в симуляторах и тренажерах.

По оформлению и содержанию работы имеются следующие замечания:

1. В настоящее время наилучшие результаты в области обнаружения антропометрических точек лица достигаются алгоритмами, основанными на использовании глубоких конволюционных нейронных сетей. Эти алгоритмы позволяют не только обнаруживать характерные точки на лице, но также оценивать параметры поворота и наклона, параметры моделей головы и даже сразу непосредственно формировать фронтальные изображения лица по ракурсным и наоборот. В качестве примера можно привести такие работы как *Joint Cascade Face Detection and Alignment* (Dong Chen, Shaoqing Ren, YichenWei, Xudong Cao, and Jian Sun, 2014), *Improving Multiview Face Detection with Multi-Task Deep Convolutional*

Neural Networks (Cha Zhang and Zhengyou Zhang, 2014), *Recover Canonical-View Faces in the Wild with Deep Neural Networks* (Zhenyao, Zhu Ping Luo, Xiaogang Wang, Xiaoou Tang, 2014). К сожалению, в диссертационной работе отсутствует сравнение разработанных автором алгоритмов с подобными нейросетевыми алгоритмами последнего поколения. Желательно было бы такое сравнение провести.

2. В тексте диссертации указано, что в рамках диссертационной работы была произведена ручная разметка базы из 705 фотографий лиц в профиль, на каждой фотографии было размечено по 35 точек. Такая база размеченных изображений представляет значительную ценность для всех исследователей и разработчиков в данной области, однако из текста диссертации неясно, опубликована ли эта размеченная база, и имеется ли возможность использования ее другими исследователями.

3. В параграфе 2 главы 3, посвященном генерации базовой текстуры модели головы, недостаточно подробно описан собственно алгоритм генерации текстуры. Стоило бы привести шаги алгоритма и описать переход от проецирования вершин полигональной модели на входные фотографии к получению результирующих текстурных карт.

Общая оценка работы. Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация имеет четкую структуру, хорошо оформлена, содержит значительное количество иллюстраций. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Достоверность результатов определяется корректностью математических построений и подтверждается результатами проведенных экспериментов. По материалам диссертации опубликовано 11 научных работ, среди них 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК и ряд докладов на российских и международных научно-технических конференциях.

Работа является завершенным научным исследованием, выполненным лично автором, содержит результаты, обладающие научной новизной и имеющие теоретическую и практическую значимость. В целом диссертационная работа Федюкова Максима Александровича соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по

специальности 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены 27 января 2016 г на заседании научно-технического совета подразделения 3000 Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС»), 125319, г. Москва, ул. Викторенко, 7, тел. 8-499-157-94-98, электронная почта: info@gosniias.ru, сайт: http://www.gosniias.ru. Протокол №3 от 27 января 2016 г.

Начальник подразделения 3000,
д.ф.-м.н., с.н.с.



Визильтер Ю.В.

Секретарь секции НТС
подразделения 3000



Иловайская Е.Б.