



**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. Генерального директора  
ФГУН «ГосНИИАС»

Кислицын Ю. Д.

"26" апреля 2018 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем»  
на диссертацию Е.В. Шальнова «Исследование и разработка методов сопровождения людей и частей их тела в видеопоследовательности»,  
представленную 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.** Диссертация Шальнова Е.В. посвящена задаче сопровождения людей в данных систем видеонаблюдения. Эта тема актуальна по двум причинам. Во-первых, очень широк класс практических задач, которые можно решить с помощью автоматизации систем видеонаблюдения. Например, сюда можно отнести повышение безопасности городов и анализ загруженности городской инфраструктуры. Во-вторых, для практического использования

необходима высокая вычислительная эффективность используемых алгоритмов, чтобы автоматизация не приводила к существенному повышению стоимости системы видеонаблюдения. Поэтому в настоящее время на практике используются крайне простые алгоритмы анализа видеоданных, существенно отстающие по качеству от наиболее точных методов компьютерного зрения.

**Структура и содержание работы.** Диссертация Е.В. Шальнова состоит из введения, шести глав, заключения и списков литературы, таблиц и рисунков.

Во введении описывается решаемая задача сопровождения людей в видеопоследовательности и производится её декомпозиция. Шальнов Е.В. приводит примеры, подтверждающие актуальность работы в выбранном направлении.

В первой главе предлагается обзор существующих методов решения задач, на которые разбивается сопровождение людей в видеопоследовательности. Описывается текущее состояние области и ограничения, которые необходимо преодолеть для повышения качества решения каждой подзадачи.

Вторая глава посвящена решению задачи определения направления и положения неподвижной камеры в сцене по результатам обнаружения людей на изображении. Предлагаемый метод интересен тем, что не требует привнесения искусственных калибровочных шаблонов в сцену, а использует только распределение размеров людей на изображении. В работе показано, что даже при настройке разработанного метода только на синтетических данных, он обобщается на реальные данные видеонаблюдения.

Третья глава посвящена применению полученных данных о положении камеры для уточнения и ускорения алгоритма обнаружения людей. В главе предлагается способ построения априорного распределения возможных положений и размеров людей на изображении на основе информации о положении камеры в сцене. Показывается, что предлагаемый метод является

надстройкой над базовым детектором и позволяет повысить его точность и скорость обработки данных.

Четвертая глава посвящена задаче построения траекторий движения людей. Предлагается способ кластеризации обнаружений, относящихся к одному человеку, на основе статистике о движении. В главе предлагается способ уменьшить количество разбиений траектории движения одного человека на фрагменты за счёт ограничения регионов возможного начала траектории областями входа в сцену.

В пятой главе предлагается алгоритм решения задачи сопровождения фиксированного набора суставов тела человека, то есть определения позы человека на каждом кадре. Предлагается способ объединения модели скелета человека на изображении с линейной динамической моделью движения каждого сустава. Для предложенной модели Е.В. Шальнов разработал итеративный алгоритм поиска конфигурации суставов тела человека на изображении, который позволил повысить точность решения задачи в сценарии неподвижной камеры.

В шестой главе описываются программные средства, основанные на разработанных алгоритмах. В диссертационной работе приводятся детали разработанного Е.В. Шальновым и используемого в компании «Технологии видеоанализа» программного средства подсчета людей, прошедших сигнальную линию. Также предлагается программное средство автоматизации построения экспертной разметки позы человека в видеопоследовательности. Показано, что предложенное ПС позволяет упростить процесс разметки данных, что крайне важно для построения более точных алгоритмов определения позы человека.

**Научная новизна.** Разработанные в диссертации Е.В. Шальнова алгоритмы являются новыми и способны увеличить степень автоматизации при анализе данных в системах видеонаблюдения. Основная новизна работы состоит в следующем:

1. Впервые предложен алгоритм определения положения и направления статичной камеры в сцене по обнаружениям людей в видеопоследовательности, основанный на машинном обучении с возможностью настройки только на синтетических данных. Показано, что в отличие аналогов при анализе реальных данных видеонаблюдения точность предложенного алгоритма не уменьшается с увеличением угла наклона камеры от 0 до 90 градусов.
2. Впервые предложен алгоритм классификации обнаружений людей на изображении со статичной камеры на правдоподобные и недопустимые для данной сцены, основанный на машинном обучении с возможностью настройки только на синтетических данных. Показано, что применение предложенного алгоритма повышает скорость и среднюю точность обнаружения людей на изображении.
3. Впервые была предложены модель скелета человека, описывающая одновременно положение и движение каждого сустава человека в видеопоследовательности в виде линейной динамической системы. Показано, что ранее существовавшие модели являются частными случаями предложенной. На основе данной модели предложен новый алгоритм определения скелета (позы) человека в каждом кадре видео за счет поиска локального оптимума целевого функционала. Предложенный алгоритм показал более высокую точность определения позы по сравнению с алгоритмами, основанными на предыдущих моделях.

**Практическая значимость.** Диссертационная работа имеет важную практическую значимость для области анализа данных видеонаблюдения со статичной камерой. Предложенные алгоритмы оценки положения камеры и

построения априорного распределения возможных положений людей на изображении позволяют расширить класс алгоритмов обнаружения, применимых на практике.

В настоящее время основным драйвером развития алгоритмов компьютерного зрения является наличие выборок размеченных данных. В то же самое время построение таких выборок крайне сложный и дорогостоящий процесс из-за необходимости большого количества ручного труда. Особенно остро стоит эта проблема для видеоданных, где требуется разметка каждого кадра. Поэтому разработанное программное средство автоматизации построения экспертной оценки позы людей в видео является важным шагом на пути создания новых, более точных алгоритмов оценки позы человека.

**Замечания.** В целом диссертационная работа Е.В. Шальнова написана понятным языком, все предложенные методы детально описаны и обоснованы. В работе хорошо проработана мотивация исследования и её место в исследуемой области. В целом диссертация производит положительное впечатление, однако имеются также некоторые замечания:

1. При оценке разработанного метода определения положения и направления камеры в сцене используется малое количество реальных данных видеонаблюдения, и большинство экспериментов проводится на синтетической выборке.
2. Разработанный метод сопровождения суставов виртуального скелета человека в видеопоследовательности ограничивает модель движения каждого из них линейной динамической моделью, содержащей только положение и скорость. Однако при ходьбе движение таких суставов, как кисть или ступня, плохо описывается такой моделью. Для описания их

движения стоило использовать характеристики более высокого порядка такие, как ускорение и скорость его изменения.

3. При оценке качества алгоритма определения положения суставов тела человека используется критерий РСР, который имеет существенный недостаток, отмеченный также в диссертационной работе. Вместо выбранного лучше было использовать критерий РСК, который сейчас является стандартным.

**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 5 научных работ, среди них 4 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 Шальнова Евгения Вадимовича 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 29 марта 2018 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 29 марта 2018 г.

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



Визильтер Ю.В.

Секретарь секции НТС  
подразделения 3000



Иловайская Е.Б.