

## ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации Е.В.Шальнова "Исследование и разработка методов сопровождения людей и частей их тела в видеопоследовательности", 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.** Диссертация Шальнова Е.В. посвящена решению актуальной проблемы сопровождения людей в сценарии видеонаблюдения. Решение этой задачи необходимо для повышения уровня безопасности городов и качества городского планирования.

Основное направление развития области компьютерного зрения сейчас сосредоточено на повышение качества решения конкретных задач при практически неограниченных вычислительных ресурсах. В то же время в системах видеонаблюдения существует практическая потребность обрабатывать ресурсами каждого сервера данные большого количества камер без существенной потери качества обработки. Это расхождение основного направления развития компьютерного зрения и потребностей практики даёт дополнительную актуальность диссертационной работе Шальнова Е.В.

### **Структура и содержание работы.**

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списков литературы, таблиц и рисунков.

Во введении описывается область автоматического анализа данных видеонаблюдения и даются примеры практических задач, где такой анализ необходим. Также приводится неформальное описание требований к решению задачи сопровождения людей и ограничения существующих подходов её решения. Это описание подтверждает актуальность и практическую значимость выбранной темы исследования. Также во введение предлагается декомпозиция задачи сопровождения людей и частей их тела на подзадачи калибровки камеры в сцене, обнаружения людей, построения траекторий их движения и определение положения частей их тела.

В первой главе приводится подробный обзор существующих решений каждой из подзадач. Описываются их ключевые недостатки, ограничивающие практическое применение.

Вторая глава посвящена решению задачи локализации камеры в сцене, то есть определению её положения и направления. Автором предлагается метод, заключающийся в использовании изображений людей в качестве калибровочных шаблонов. Ключевой особенностью предложенного метода является настройка алгоритма с помощью машинного обучения только на синтетических данных. Это

позволило отказаться от необходимости построения размеченной вручную выборки и снять ограничение на допустимые положения камеры в сцене, которое присутствовало в предыдущих методах.

В третьей главе рассматривается решение задачи детектирования людей на изображении при известном положении камеры в сцене. Предлагаемый метод отсеивает неправдоподобные с геометрической точки зрения ложные обнаружения людей. Это позволило повысить точность детектирования и скорость обработки видео со статичной камеры.

Решение задачи объединения обнаруженных людей в траектории посвящена четвертая глава диссертации. В главе вводится функционал, минимум которого должен соответствовать наилучшему разбиению обнаружений на группы, соответствующие наблюдаемым людям. В функционале предлагается учитывать несколько новых факторов: близость начала траектории к области входа в сцену и согласованность обнаружений с учетом направления и скорости движения человека. В работе показывается, что предложенные модификации повышают надежность построения траекторий.

В пятой главе предлагается алгоритм сопровождения суставов тела человека в видеопоследовательности. Алгоритм осуществляет итеративный поиск оптимального положения скелета на каждом кадре, используя объединение модели из набора деформируемых частей для описания скелета человека и фильтр Калмана для описания движения. В работе показано, что предложенный алгоритм является обобщением некоторых ранее предложенных работ, однако обладает большей точностью.

Шестая глава посвящена разработанным программным средствам сопровождения людей в видеопоследовательностях и автоматизации построения экспертной разметки положения частей тела человека в видео.

В заключении приведены выводы и анализ результатов диссертационного исследования.

**Научная новизна.** Разработанные в диссертации Шальнова Е.В. методы являются новыми. 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 от 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 предложена 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.**

Предложенные в диссертационной работе алгоритмы имеют большую практическую значимость. Разработанные алгоритмы определения положения камеры в сцене и ускорения детекторов людей позволяют увеличить количество камер, которые могут быть обработаны одним вычислителем, что делает видеонаблюдение более доступным.

### **Замечания.**

Диссертационная работа написана понятным языком и производит положительное впечатление. Однако имеются некоторые замечания к работе:

1. В тексте диссертации указывается, что предложенный алгоритм определения положения и направления камеры в сцене допускает использование в качестве базового любой алгоритм обнаружения людей на изображении. Однако экспериментальная оценка проводилась с использованием лишь одного метода обнаружения людей.
2. В диссертационной работе слабо обоснован критерий выбора архитектуры нейронной сети для определения положения и направления камеры в сцене. Согласно таблице 2, дальнейшее увеличение синтетической обучающей выборки и размера сети может привести к дальнейшему повышению точности локализации.

**Заключение.** Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация выполнена на высоком научном уровне. Результаты диссертации Е.В. Шальнова полно представлены в его публикациях и правильно отражены в автореферате.

Считаю, что работа «Исследование и разработка методов сопровождения людей и частей их тела в видеопоследовательности» удовлетворяет требованиям Положения ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 -

