

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. Видеонаблюдение стало привычным и, чаще всего, желанным атрибутом жизни, обеспечивающим и производственные процессы и нашу безопасность. Сложность задач, возлагаемых на видеонаблюдение, постоянно растет вместе с ростом производительности ЭВМ. Наблюдается быстрый рост применения методов машинного, в том числе глубокого, обучения с высокочувствительным этапом обучения. В этой ситуации ключевой проблемой становится разметка данных, возникает задача быстрой автоматической разметки данных для обучения. Ее скорость и качество ставятся определяющими для развития технологии видеонаблюдения. Именно такому комплексному решению проблемы видеодетектирования и сопровождения человека или его части (частей) и посвящена диссертация Е.В. Шальнова, что делает ее по-настоящему актуальной. Разработанный им комплексный подход позволил получить новые одновременно и быстродействующие, и надежные алгоритмы решения проблемы детектирования и сопровождения людей в видеонаблюдении. Следует подчеркнуть, что сделано это в первую очередь для наиболее значимой для практики статичной камеры.

Структура и содержание работы. Работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы, рисунков и таблиц.

Во **введении** описываются область применения систем видеонаблюдения и проблемы, возникающие при анализе данных наблюдения. Подчеркивается, что до сих пор нерешенной остается задача идентификации в видео человека, чье лицо скрыто, или его изображение имеет низкое разрешение. Актуальным направлением развития является идентификация людей по особенностям комплекции и поведения, в частности по позам, кинематике и динамике походки. Далее формулируются цели и задачи работы, основные положения выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость результатов, время и место апробации работы, личный вклад диссертанта, количество и качество публикаций диссертанта, объем и структура работы.

Первая глава посвящена обзору опубликованных методов решения подзадач при сопровождении людей, представленных в видеопоследовательности полностью или только частями своего тела. В главе дан детальный анализ современных методов, описаны их ключевые достоинства и ограничения, дано ясное обоснование выбора направления исследования. Подтверждена как практическая значимость, так и актуальность автоматической разметки для

кардинального сокращения времени подготовки размеченных данных до начала обучения. Исследована возможность декомпозиции задачи сопровождения людей в видеопоследовательности на локализацию и калибровку камеры в сцене, обнаружение людей (как объектов), их сопровождение и определение позы, показана «кинематичность», «динамичность», связанность представления поз фрагментов тела в видеопоследовательностях.

Во **второй главе** приводится описание предложенного алгоритма определения положения и направления неподвижной камеры в сцене. Разработанный алгоритм базируется только на статистике размеров и типичной ориентации людей на изображении, и не требует наличия искусственного калибровочного шаблона. В работе показано, что точность определения предложенным алгоритмом положения и направления камеры в сцене остается постоянной для широкого диапазона значений этих параметров.

Третья глава посвящена задаче локализации людей в сцене. Основываясь на результатах предыдущей главы, предлагается метод обнаружения людей, который учитывает положение и направление камеры в сцене. Показано, что за счет добавления такой информации удастся как увеличить скорость обработки видеопоследовательности, так и уменьшить количество ложных срабатываний базового детектора. Обучение классификатора проведено на синтетической выборке видеонаблюдения. Повышена точность и скорость обнаружения людей на изображении.

В **четвертой главе** предложена математическая модель движения, и на ее основе развиты подход «сопровождения-через-обнаружение» и алгоритм сопровождения людей в видеопоследовательности. Ключевая идея предложенных изменений заключается в сопровождении людей не только в прямом направлении, но и в обратном по оси времени. Учтены вероятности продолжения прерванных траекторий во вновь обнаруженной. Предложено учитывать информацию о регионах входа в сцену, чтобы уменьшить фрагментацию построенных траекторий движения.

Пятая глава посвящена алгоритму определения позы человека в видеопоследовательности. Предложена математическая модель описания движения суставов тела человека в видеопоследовательности, учитывающая как положение, так и скорость движения. Предложен алгоритм поиска положения суставов на каждом кадре, согласованный с моделью. Показано, что добавление информации о скорости движения суставов позволяет повысить точность и сократить время их локализации. Для регуляризации решения добавлен фактор, задающий априорное предпочтение на скорость движения суставов на первом кадре. Также показано, что некоторые ранее существовавшие модели являются частными случаями предложенной.

В **шестой главе** детально описана реализация программного комплекса сопровождения людей в видеопоследовательности и инструментария автоматического построения экспертной разметки поз человека на видео.

Разработанный алгоритм определения позы человека на изображении подключается в качестве стороннего модуля с использованием библиотеки `boost::python`. Для взаимодействия с пользователем используется библиотека построения графического интерфейса `wxWidgets` посредством модуля `wxPython`. Сгенерированная коллекция поз пригодна для решения задачи идентификации человека по походке.

В заключении приведены выводы и анализ результатов диссертационного исследования.

Научная новизна. Разработанные в диссертации Е.В. Шальнова методы являются новыми. Основная новизна работы состоит в следующем:

1. Впервые в основу детектирования и сопровождения человека на видео положена комплексная трехмерная кинематическая и динамическая модель скелета человека, способная реконструировать и положение, и движение суставов человека доступных для наблюдения полностью или фрагментарно на видеопоследовательности с одной статичной камеры. Предложено комплексное решение для построения обучаемых алгоритмов точного детектирования и классификации трехмерных поз человека, совмещенных с автоматической экспертной разметкой обучающей выборки.

2. Впервые предложен алгоритм определения положения и ориентации статичной камеры в сцене, на основе анализа статистики обнаружения людей в видеопоследовательности. Показано, что алгоритм может быть настроен полностью на синтетических данных, и в отличии от аналогов точность предложенного алгоритма не уменьшается с увеличением угла наклона камеры от 0 до 90 градусов.

3. Впервые предложен обучаемый алгоритм классификации поз людей на изображении со статичной камеры на правдоподобные и недопустимые для данной сцены, который способен обучаться исключительно на синтетических данных. Показано, что применение предложенного алгоритма повышает скорость и среднюю точность обнаружения людей на изображении.

Практическая значимость. Предложенные в работе подходы и алгоритмы анализа видеоданных имеют важное практическое значение, определяющее для развития компьютерного зрения. Использование моделей трехмерных аватаров для автоматической экспертной разметки обучающей выборки будет несомненно подхвачено исследователями.

Разработанный и описанный в шестой главе инструмент разметки позы человека на видео позволяет полностью перенести сложность построения экспертной разметки видео с человека на вычислитель, что в свою очередь позволит существенно нарастить объем размечаемых данных и, соответственно поднять сложность функций, реализуемых методами машинного, в том числе глубокого, обучения.

Выводы и замечания. Данная диссертационная работа является законченным самостоятельным исследованием, написана понятным языком и содержит большое количество математических моделей, результатов и иллюстраций. Автора характеризует новый оригинальный подход к решению рассматриваемых задач и широкий кругозор в применяемых методах.

К работе имеются также пожелания и незначительные замечания:

1. Наибольшее количество экспериментов при анализе качества определения положения и направления камеры в сцене проведено на тестовой части синтетической выборки и лишь небольшое количество экспериментов – на реальных данных видеонаблюдения. Стоило бы увеличить их число.
2. В работе встречаются редкие опечатки. Например в автореферате: на стр.6, 4 строка снизу; на стр.7 в 3 предложении 3 пункта научной новизны; стр.10, 9 строка сверху; стр.11, последняя строка 1 абзаца.

Заключение. Указанные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация выполнена на высоком научном уровне и содержит решение важной и сложной задачи, связанной с сопровождением людей в системах видеонаблюдения. Результаты диссертации Е.В.Шальнова полно представлены в его публикациях и правильно отражены в автореферате. Автореферат соответствует тексту диссертации.

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 - математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей, а ее автор - Шальнов Евгений Вадимович - заслуживает присуждения ему искомой степени.

Отзыв составил официальный оппонент

Турлапов Вадим Евгеньевич

д.т.н., доцент 05.01.01

профессор кафедры математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий Института информационных технологий, математики и механики, Национальный исследовательский нижегородский университет им. Н.И.

Лобачевского,

603950, Россия, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, корп.2, ауд.312

т. +7 (831) 462-33-56, E-mail: vadim.turlapov@itmm.unn.ru

В.Е. Турлапов



Подпись профессора В.Е.Турлапова заверяю

Ученый секретарь НИГУ
кандидат социологических наук



Л.Ю. Черноморская

18.01.2019