

ТЕСТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЛИЦ К РАСПОЗНАВАНИЮ ЛИЧНОСТИ В ВИДЕОПОТОКЕ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

TESTING OF TECHNOLOGY OF FACE IMAGES PREPARING FOR PERSON RECOGNITION IN VIDEO STREAM IN THE REAL TIME MODE

S. Nebaba

Summary. In this paper a technology for preprocessing frames of a video stream with face images based on a number of known computer vision algorithms modified for maximum automation and speed is proposed. Comparison of recognition results that verify the effectiveness of individual components and technology as a whole is given. Positive impact of the proposed technology on the accuracy of identifying a person's identity from the image of his face on high noisy data is shown.

Keywords: face recognition, 3D face model, deformable face model, tracking, illumination normalization, biometric vector.

Небаба Степан Геннадьевич
Аспирант,
stepan-lfx@mail.ru

Аннотация. В работе предложена технология предварительной обработки кадров видеопотока с изображениями лиц на основе ряда известных алгоритмов компьютерного зрения, модифицированных для максимальной автоматизации и быстродействия. Приведено сравнение результатов распознавания, проверяющих эффективность отдельных компонентов и технологии в целом. Продемонстрировано положительное влияние предложенной технологии на точность идентификации личности человека по изображению его лица на сильно зашумленных данных.

Ключевые слова: распознавание личности, 3D модель лица, деформируемая модель лица, трекинг, нормирование освещения, биометрический вектор.

Введение

Задача распознавания личности по изображению лица является одной из первых практических задач, появившихся в процессе создания информационно-поисковых систем [1,2]. В последнее время в различных сферах деятельности возрастает потребность быстрой и правильной некооперативной идентификации личности человека в видеопотоке с плохим качеством съемки в режиме реального времени.

Существующие быстрые 2D алгоритмы достигают хорошей точности только при соблюдении жестких требований по ракурсу изображений лица и условиям съемки, либо требуют вычислительных ресурсов, недоступных при обработке видеопотока в режиме реального времени [3].

В общем случае задача идентификации личности в видеопотоке может быть разделена на несколько этапов:

- 1) Поиск (детектирование) области лица на изображении;
- 2) Слежение за положением лица на последовательности кадров (трекинг);
- 3) Обработка изображения лица с целью компенсации условий съемки;

- 4) Сравнение изображения лица с эталонами, хранящимися в базе.

Число ошибок идентификации личности у всех современных систем имеет явную зависимость от качества изображений лиц, помех на изображении, ракурса съемки и условий освещения.

Проблема предварительной обработки изображений чаще всего рассматривается как набор частных задач по компенсации этих условий съемки, хотя каждый из алгоритмов обработки имеет сложное и нелинейное влияние на ключевые характеристики алгоритмов распознавания: вероятность ложного опознания (FAR) и вероятность пропуска цели (FRR) [4].

Для решения этих проблем создано множество алгоритмов, к примеру, использующих 3D модели лиц [5] и относящихся к методам визуального моделирования [6]. Они предоставляют широкие возможности по варьированию ракурса и освещения 3D моделей каждого лица, но их применение является ресурсоемкой и нетривиальной задачей, а автоматизация такого подхода затруднительна.

Неизбежный поиск баланса между точностью распознавания и скоростью работы существующих алгоритмов делает целесообразным разработку технологии,

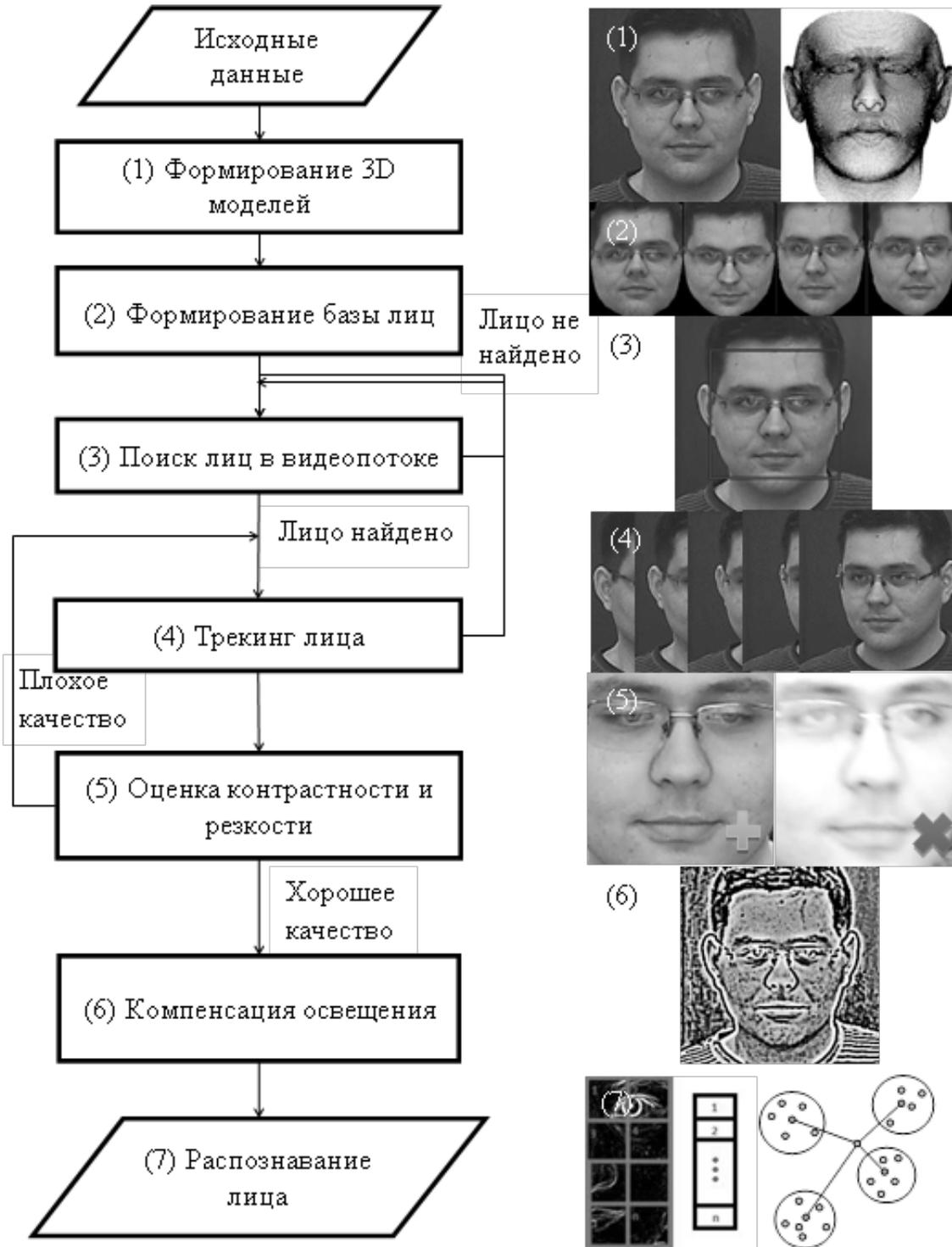


Рис. 1. Схема и визуальное представление технологии

объединяющей все этапы обработки изображений лиц в единый комплекс взаимозависимых алгоритмов, позволяющий гибко регулировать их свойства и сохранять приемлемую точность распознавания в режиме реального времени.

Технология подготовки изображений

Технологию предварительной обработки можно представить в виде комплексного алгоритма для задач обработки видеопотока, в том числе и в режиме реального времени, который должен учитывать все



Рис. 2. Примеры изменения условий съемки в зависимости от времени суток

критерии оценки и обладать достаточным быстродействием.

Ранее были рассмотрены отдельные компоненты такой системы и предложены авторские алгоритмы по компенсации ракурса (модификация алгоритма деформируемых моделей лиц, DFM [7]) и освещения (комбинация фильтров DoG и Log-Gabor [8]).

Эти и другие алгоритмы могут быть представлены в виде единой технологии обработки и анализа изображений, упрощая процесс распознавания лиц в видеопотоке и позволяя проводить гибкую настройку системы распознавания под требуемые параметры окружения и аппаратные средства.

Технология описывается следующей последовательностью действий (рисунок 1):

- (1) Формирование индивидуальных 3D моделей лиц по одной фотографии (модифицированный алгоритм DFM);
- (2) Формирование базы лиц с различными ракурсами с помощью полученной в п. 1 3D модели (авторский алгоритм);
- (3) Поиск (детектирование) лиц на изображении (алгоритм Виолы-Джонса);
- (4) Слежение за обнаруженными лицами в последовательности кадров (трекинг);
- (5) Оценка контрастности и резкости изображений, отбрасывание зашумленных неинформативных кадров;
- (6) Компенсация недостатков освещения сцены (алгоритмы DoG или Log-Gabor);
- (7) Построение и сравнение биометрических векторов изображений лиц (алгоритм kNN, сверточные нейронные сети).

Тестирование

Разработанные алгоритмы были внедрены в программный комплекс, реализующий захват и распознавание личности по изображению лица. В рамках данного программного комплекса было проведено тестирование предложенной технологии на видеофайлах, полученных с помощью IP-камеры, установленной на входе Кибернетического центра Института кибернетики (ИК) Томского политехнического университета. На видео фиксировались лица сотрудников и студентов, заходящих в помещение.

Общее число лиц, обнаруженных стандартным детектором (алгоритм Виолы-Джонса) на первой видеозаписи — 7676. База изображений лиц сотрудников ИК состояла из 40 человек, присутствующих на видеозаписях.

Видеозаписи сделаны в условиях, неблагоприятных для алгоритмов кластеризации, как по ракурсам лиц, так и по освещению (рисунок 2).

Среди всех найденных лиц 638 принадлежит сотрудникам ИК. Ввиду большого числа неизвестных лиц и сложных условий съемки пороговый уровень FAR взят равным 10%.

В ходе тестирования технологии проведена оценка влияния методов компенсации ракурса (DFM) и освещения (DoG, Log-Gabor) на точность и скорость распознавания, а также подобрана оптимальная комбинация алгоритмов обработки изображений (DFM, DoG, фильтр по контрастности и резкости) для заданных условий. Результаты этого эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты тестирования компонентов технологии предварительной обработки изображений лиц с системой распознавания на первой видеозаписи

Алгоритм обработки	Верно опознанные лица	Ложно опознанные лица	FAR,%	FRR,%	Среднее время обработки, мс
Базовый алгоритм kNN	12	693	11.5	98.12	10
DFM	15	600	9.96	97.65	10
DoG	55	750	12.45	91.38	11
DoG + LogGabor	14	667	11.07	97.81	26
Фильтр контрастности и резкости	34	503	7.55	94.67	10
Оптимальная комбинация алгоритмов: DFM + DoG + контрастность и резкость	52	550	9.13	91.85	11

Таблица 2. Результаты тестирования отдельных компонентов технологии предварительной обработки изображений лиц с системой распознавания на второй видеозаписи

Алгоритм обработки	Верно опознанные лица	Ложно опознанные лица	FAR,%	FRR,%	Среднее время обработки, мс
Базовый алгоритм kNN	3	953	10.84	99.46	10
DFM	5	803	9.14	99.1	10
DoG	13	844	9.6	97.66	11
DoG + LogGabor	6	988	11.24	98.92	25
Фильтр контрастности и резкости	7	784	8.92	98.74	10
Оптимальная комбинация алгоритмов: DFM + DoG + контрастность и резкость	10	626	7.12	98.2	11

На второй видеозаписи стандартным детектором зафиксировано 8788 изображений лиц. Среди всех найденных лиц число лиц людей, содержащихся в базе сотрудников ИК — 555. Второе видео отличается более сложными условиями — съемка велась в дневное время, солнечный свет из окон создавал засветку объектива камеры, из-за чего серьезно снизилась контрастность, и увеличился уровень шума изображений лиц. Все методы были проверены аналогично, результаты этого эксперимента представлены в таблице 2.

Как можно видеть из таблиц 1 и 2, оптимальное сочетание алгоритмов позволяет добиться заметного

улучшения результатов распознавания по соотношению ошибок FAR/FRR, а также не оказывает существенного влияния на скорость обработки изображений, что свидетельствует об эффективности предложенной технологии обработки изображений для задач распознавания в режиме реального времени.

ВЫВОДЫ

Предложена технология предварительной обработки кадров видеопотока с изображениями лиц на основе ряда известных алгоритмов компьютерного зрения, модифицированных для максимальной автоматизации и быстродействия.

Сравнение результатов распознавания позволяет сделать вывод о том, что предложенная комплексная технология подготовки изображений лиц к распознаванию, основанная на ряде известных и оригинальных авторских методов, положительно влияет на точность идентификации личности человека по изображению его лица на сильно зашумленных данных. Кроме того, все рассмотренные методы оказывают слабое вли-

яние на скорость обработки кадров и могут применяться в системах распознавания в режиме реального времени.

Работа выполнена в рамках госзадания № 2.1642.2017/ПЧ на выполнение проекта по теме «Когнитивные методы визуализации и анализа многомерных данных при моделировании нелинейных динамических систем»

ЛИТЕРАТУРА

1. A. J. Goldstein, L. D. Harmon, and A. B. Lesk, «Identification of Human Faces», Proc. IEEE, May 1971, Vol. 59, No. 5, 748–760.
2. M. A. Turk and A. P. Pentland, «Face Recognition Using Eigenfaces», Proc. IEEE, 1991, 586–591.
3. Bui T.T.T., Phan N. H., Spitsyn V. G., Bolotova Y. A., Savitsky Y. V. Development of algorithms for face and character recognition based on wavelet transforms, PCA and neural networks // Proceedings of IEEE International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON'2015). 2015. pp. 1–6.
4. Кухарев Г.А., Каменская Е.И., Матвеев Ю.Н., Щеголева Н.Л. Методы обработки и распознавания изображений лиц в задачах биометрии / Под ред. М.В. Хитрова. СПб: Политехника. 2013. 388 с.
5. Garrido P., Zollhöfer M., Casas D., Valgaerts L., Varanasi K., Pérez P., Theobalt C. Reconstruction of Personalized 3D Face Rigs from Monocular Video // ACM Transactions on Graphics (TOG). 2016. vol. 35. no. 3. p. 28.
6. А.А. Захарова, А. В. Шкляр. Основные принципы построения визуальных моделей данных на примере интерактивных систем трехмерной визуализации // Научная визуализация, 2014. — № 2.
7. Небаба С.Г., Захарова А. А. Применение алгоритма формирования индивидуальной трехмерной модели человеческого лица в системе распознавания личности по изображению лица // Сборник научных трудов 26-й Международной научной конференции «GraphiCon2016» (г. Нижний Новгород, 19–23 сентября 2016 г.) Нижний Новгород: ННГАСУ, 2016. С. 310–313.
8. 8. Savitskiy Yu.V., Nebaba S. G., Spitsyn V. G., Andreev S. Yu., Makarov M. A. Analysis of methods of features extraction from image of human face for identification // Scientific Visualization, 2016. vol. 8. no. 2. pp. 107–119.

© Небаба Степан Геннадьевич (stepan-lfx@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

