

УДК 681.525

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

**Катин О.И., Горянина К.И., Донской Д.Ю.**

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, e-mail: okatin96@mail.ru*

При разработке систем распознавания лиц с помощью компьютерного зрения ключевыми требованиями являются быстрдействие и точность. Однако увеличение точности влечет за собой снижение быстрдействия. В данной работе описывается исследование способов повышения быстрдействия автоматической системы распознавания лиц. Рассматриваются решения, предназначенные для встраиваемых систем контроля доступа. Описаны результаты тестирования автоматической системы с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV и встроенного в нее распознавателя лиц LBPHFaceRecognizer, которые подтверждают недостаточную точность применительно для систем контроля доступа. Анализируются преимущества системы на основе нейронной сети. В частности, рассматриваются преимущества и недостатки алгоритма, предложенного разработчиками библиотеки dlib. Даны рекомендации по снижению затрат времени на выполнение контроля доступа в автоматической системе распознавания лиц на базе Raspberry Pi 2B. Повышение быстрдействия обеспечивается за счет сочетания оптимальных функций и возможностей библиотек OpenCV и dlib. Применение алгоритма поиска лиц на изображении с использованием каскадов Хаара вместо алгоритма встроенного в библиотеку dlib обеспечивает ускорение процесса поиска лиц приблизительно в пятнадцать раз. Результатом проведения исследования является уменьшение времени обработки каждого кадра видео.

**Ключевые слова:** автоматизация, распознавание лиц, контроль доступа, нейронные сети

## STUDY WAYS TO IMPROVE THE PERFORMANCE THE FACE RECOGNITION SYSTEM

**Katin O.I., Goryanina K.I., Donskoy D.Y.**

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: okatin96@mail.ru*

Speed and accuracy are a key requirement in the development of face recognition system using computer vision. However, an increase in accuracy leads to a decrease in performance. This paper describes a study of ways to improve the performance of an automatic system for face recognition. Solutions for embedded access control systems are described. The results of testing an automatic system using the OpenCV computer vision library and the built-in LBPHFaceRecognizer, which confirm the lack of accuracy for access control systems, are described. The advantages of the system based on the neural network are analyzed. The advantages and disadvantages of the algorithm proposed by the dlib library developers are considered. Recommendations are given to reduce the time spent on access control in the automatic face recognition system based on Raspberry Pi 2B. Improved performance is achieved by combining the best features and capabilities of the OpenCV and dlib libraries. The use of the face search algorithm in the image using Haar cascades instead of the algorithm built into the dlib library provides acceleration of the face search process by fifteen times. The result of the study is reducing the processing time of each frame of the video.

**Keywords:** automation, face recognition, access control, neural networks

При разработке систем распознавания лиц с помощью компьютерного зрения ключевыми требованиями являются быстрдействие и точность. Однако, увеличение точности влечет за собой снижение быстрдействия. Как правило, задача распознавания лиц применяется в системах безопасности или наблюдения.

В настоящей статье будет рассмотрена система автоматического контроля индивидуального доступа. В данном случае предполагается, что требуется определить личность человека, находящегося непосредственно перед камерой. В таких условиях может быть обеспечено наилучшее качество съемки, так как существует возможность четко определить зону контроля для человека, создать в ней оптимальное освещение и минимизировать влияние посторон-

них факторов. Большая часть этих решений – аппаратная.

Основное внимание следует сосредоточить на программной части системы. Наиболее распространенным и точным решением является применение нейронной сети, которая имеет оптимальную структуру и обучена на большом наборе качественных данных. Иным способом является применение распознавателей, которые встроены в различные библиотеки компьютерного зрения. Например, библиотека OpenCV содержит 3 распознавателя [1]. Для их обучения также необходим набор данных. Такой подход значительно уступает в точности специально разработанным и обученным нейронным сетям [2].

Во время разработки системы контроля доступа были проведены тесты с использованием встроенного в OpenCV распознавателя LBPHFaceRecognizer.

Число фотографий, шт.	5	10	25	50	100	250	500	750	1000
Точность, %	43.2	46.5	50.3	54	63.7	68.1	72.6	75.2	78.6

Результаты показали, что для достижения высокой точности необходим значительный объем качественных и однородных данных для обучения. При использовании 1000 фотографий, максимальная точность составила 78.6%. Дальнейшее увеличение базы фотографий не привело к значительному повышению точности. Данную точность можно считать достаточной для тривиальных задач, но ее недостаточно для создания безопасной системы контроля доступа [3, 4].

Было принято решение использовать алгоритм распознавания на базе библиотеки dlib. В его основе лежит нейронная сеть, обученная на наборе из 3-х миллионов фотографий. Заявленная разработчиком точность составляет 99.38% [5, 6]. В рассматриваемом случае, к системе предъявляются следующие требования: высокая точность определения личности человека, проверка наличия доступа в соответствии с базой сотрудников, максимально быстрая реакция системы. Специфика данного решения заключается в работе со специфическим типом данных библиотеки dlib. Для распознавания лица необходимо провести два предварительных этапа.

Первый этап – определение региона интереса, области на кадре видео, в которой содержится лицо человека. В библиотеке dlib присутствует встроенный детектор лиц. При его использовании время обработки фотографии сильно увеличивается с увеличением разрешения кадра.

Второй этап – размещение меток на лице. Существуют решения различной

вычислительной сложности: 5 меток для одного лица, 68 меток и т.д.

Представленный разработчиком библиотеки dlib алгоритм работает с использованием 5 лицевых меток [5, 6]. Такое решение обладает достаточным быстродействием и не нуждается в замене.

Для уменьшения времени выполнения первого этапа было принято решение использовать встроенный в библиотеку OpenCV детектор лиц на основе каскадов Хаара [3]. Сравнительные тесты показали значительное уменьшение времени на поиск лиц на кадре.

Сам же процесс распознавания заключается в построении 128-мерного вектора, соответствующего человеку на кадре.

$$\vec{V} = \{x_1, x_2, \dots, x_{128}\},$$

где  $x_1, \dots, x_{128} \in \mathbb{R}$ .

При этом для разрешения доступа требуется, чтобы Евклидово расстояние  $d_{ab}$  между полученным вектором  $\vec{a}$  и любым вектором  $\vec{b}$ , содержащимся в базе сотрудников, было меньше 0,6 [5, 6].

$$d_{ab} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ai} - x_{bi})^2},$$

где  $i$  – порядковый номер признака;  $n = 128$ ;  $x_{ai}$  и  $x_{bi}$  – координаты векторов  $a$  и  $b$  по признаку  $i$ .

#### Сравнение быстродействия детекторов лиц при использовании Raspberry Pi 2B и Pi Cam v2.1

Разрешение кадра	Детектор лиц dlib	Детектор лиц на основе каскадов Хаара
1920x1080	4.8 с	0.7 с
1280x1024	2.7 с	0.29
1024x768	1.8 с	0.12 с
800x600	0.9 с	0.08 с
640x480	0.6 с	0.05 с

То есть нейронная сеть построена по принципу соответствия каждому человеку уникального 128-мерного вектора. Условие, предъявляемое к Евклидовому расстоянию, позволяет учесть некоторые отклонения, вызванные разным освещением, качеством изображения и положением лица [7]. Время распознавания незначительно изменяется при изменении разрешения.

Там образом, оптимальный набор способов реализации этапов распознавания следующий: применение детектора лиц на основе каскадов Хаара, определение 5 лицевых меток, применение нейронной сети для построения 128-мерного вектора.

Для создания компактной системы с собственным вычислителем была использована Raspberry Pi 2B. Ведется обработка видео с разрешением 1024x768. При использовании встроенного в библиотеку OpenCV детектора лиц удалось снизить время выполнения первого этапа с 1.8 до 0.12 секунд. Второй этап выполняется за 0.04 секунды. Наиболее долгим этапом является построение 128-ми мерного вектора, его выполнение занимает 2.2 секунды.

Суммарное время обработки кадра и принятия решения о разрешении доступа не превышает 3 секунды. Очевидно, что вычислительные возможности Raspberry Pi 2B ограничены. В определенных условиях может потребоваться большее быстродействие. Тогда, уместным будет использование более производительной Raspberry Pi

3B+ или других интегрируемых решений. Наиболее быстрыми будут системы с производительными графическими процессорами или специализированными модулями для работы с нейронными сетями, например, Intel Movidius.

#### Список литературы

1. Клэр А., Брэски Г. Изучаем OpenCV 3 / ДМК-Пресс. – М., 2017. – 826 с.
2. Солем Я. Программирование компьютерного зрения на языке Python. – М.: ДМК-Пресс, 2016. – 312 с.
3. Буэно Г., Суарес О., Эспиноса А. Обработка изображений с помощью OpenCV. – М.: ДМК-Пресс, 2016. – 210 с.
4. Katin O., Goryanina K., Vernezi M. Analysis and solution of problems in the development of automatic color sorting systems / XIV International Scientific-Technical Conference «Dynamic of Technical Systems» (DTS-2018). MATEC Web Conf., 2018. – 5 p. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/85/mateconf\\_dts2018\\_02016.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/85/mateconf_dts2018_02016.pdf) (дата обращения 14.02.2019).
5. Parkhi O.M., Vedaldi A., Zisserman A. Deep Face Recognition British Machine Vision Conference, 2015. – 6 p. [Электронный ресурс]. URL: [http://cis.csuohio.edu/~sschung/CIS660/DeepFaceRecognition\\_parkhi15.pdf](http://cis.csuohio.edu/~sschung/CIS660/DeepFaceRecognition_parkhi15.pdf) (дата обращения 15.02.2019).
6. Ng H.W., Winkler S. A data-driven approach to cleaning large face datasets. Proc. IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Paris, France, Oct. 27–30, 2014. – 5 p. [Электронный ресурс]. URL: <http://vintage.winklerbros.net/Publications/icip2014a.pdf> (дата обращения 17.02.2019).
7. Katin O.I., Lukyanov A.D., Goryanina K.I. Optimization of the automated colorimetric measurement system for pH of liquid. XIII International Scientific-Technical Conference «Dynamic of Technical Systems» (DTS-2017). MATEC Web Conf. Volume 132, 2017. – 4 p. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/46/mateconf\\_dts2017\\_04010.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2017/46/mateconf_dts2017_04010.pdf) (дата обращения 18.02.2019).