



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.8:004.93:519.6

## РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦА НА ИЗОБРАЖЕНИИ В КОНТЕКСТЕ ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ПОСЕЩАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

**Емельянов И.Е.**

*ФГБОУ ВО "КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ", Комсомольск-на-Амуре, Россия (681013, Хабаровский край, город Комсомольск-на-Амуре, пр-кт Ленина, д. 27 ), e-mail: ie-emelyanov@mail.ru*

Статья посвящена разработке математического алгоритма распознавания лиц для задач контроля посещаемости студентов в высших учебных заведениях. В основе подхода лежит преобразование изображений в эмбединге размерности 128 и сопоставление по косинусной мере различия. Предложен формальный аппарат, включающий правила идентификации, индикаторную функцию фиксации присутствия, расчёт точности и выбор оптимального порога распознавания. Разработка позволяет надёжно автоматизировать процесс учёта посещаемости на базе анализа изображений в реальном времени.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, распознавание, математический алгоритм, компьютерное зрение, автоматизация.

## DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL ALGORITHM FOR FACE RECOGNITION IN AN IMAGE IN THE CONTEXT OF THE TASK OF MONITORING STUDENT ATTENDANCE

**Emelyanov I.E.**

*"KOMSOMOLSK-ON-AMUR STATE UNIVERSITY", Komsomolsk-on-Amur, Russia (681013, Komsomolsk-on-Amur, Komsomolsk-on-Amur, Lenina prospekt, 27 ), e-mail: ie-emelyanov@mail.ru*

The article is devoted to the development of a mathematical algorithm for face recognition for the tasks of monitoring student attendance in higher education institutions. The approach based on image transformation in embedding of dimension 128 and matching by cosine measure of difference. A formal apparatus proposed that includes identification rules, an indicator function for detecting presence, calculating accuracy, and selecting an optimal recognition threshold. The development allows you reliably automate the attendance tracking process based on real-time image analysis.

Keywords: Artificial intelligence, recognition, mathematical algorithm, computer vision, automation.

Современные вызовы в системе высшего образования всё чаще связаны не только с качеством преподавания, но и с необходимостью эффективного контроля за посещаемостью студентов [1]. Традиционные методы от устной переключки до ручной отметки в журналах не справляются с задачей оперативного и точного учёта в условиях больших аудиторий, гибридных форм обучения и высокой мобильности студентов [2]. В этой связи возрастает интерес к интеллектуальным подходам, основанным на применении технологий компьютерного зрения. В частности, использование алгоритмов распознавания лиц позволяет перевести процесс контроля посещения на качественно новый уровень, исключая ошибки,

упрощая документооборот и снижая нагрузку на преподавателей [3]. В центре внимания данной статьи математическая постановка задачи распознавания лица на изображении с применением модели face\_recognition и разработка алгоритма, ориентированного на надёжное сопоставление входящих изображений с базой эталонных данных для целей автоматизированного мониторинга посещаемости.

В основе алгоритма лежит представление каждого изображения лица в виде векторного пространства признаков размерности  $d = 128$ , получаемого с помощью модели face\_recognition. Пусть

$$\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^d \quad (i = 1, \dots, N)$$

обозначает эмбединг  $i$ -ой эталонной фотографии, сохраненный в базе, а

$$\mathbf{y}_j \in \mathbb{R}^d \quad (j = 1, \dots, M)$$

соответствует эмбедингу  $j$ -го загруженного снимка при отметке посещения.

Вычисление расстояния между двумя векторами происходит по формуле косинусного сходства, переопределенного как мера различия [4]:

$$D(\mathbf{y}, \mathbf{x}) = 1 - \frac{\mathbf{y}^T \mathbf{x}}{\|\mathbf{y}\| \|\mathbf{x}\|}$$

Где

$$\|\mathbf{v}\| = \sqrt{\sum_{k=1}^d v_k^2}$$

есть евклидова норма вектора  $\mathbf{V}$ .

Для каждого  $j$ -го снимка определяется индекс ближайшего эталона:

$$i^*(j) = \arg \min_{1 \leq i \leq N} D(\mathbf{y}_j, \mathbf{x}_i)$$

Далее вычисляется минимальное расстояние

$$\Delta_j = D(\mathbf{y}_j, \mathbf{x}_{i^*(j)})$$

Пороговое правило распознавания задается константой  $\tau$ : если  $\Delta_j \leq \tau$ , то совпадение найдено (метод FАCE), иначе – отсутствие совпадения.

Для фиксации посещения студента  $s$ , которому принадлежит эталон  $i^*(j)$ , применяется индикаторная функция [5]:

$$\delta_j(s) = \begin{cases} 1, & \text{если } i^*(j) \text{ соответствует студенту } s \wedge \Delta_j \leq \tau, \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Общая формула подсчета отметок для студента  $s$  на одном сеансе обработки  $M$  снимков принимает вид

$$A_s = \sum_{j=1}^M \delta_j(s)$$

Полагая, что количество снимков  $M$  и порог  $\tau$  остаются постоянными, вероятность верного распознавания студента  $s$  оценивается как

$$P_s = \mathbb{E}[\delta_j(s)] = 1 - F_s(\tau)$$

где  $F_s$  – эмпирическая функция распределения расстояний  $D(\mathbf{y}_j, \mathbf{x}_i)$  для данного студента.

Для оценки качества системы вводится метрика точности распознавания

$$Acc = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S \frac{A_s}{M_s}$$

в которой  $S$  – общее число студентов,  $M_s$  – количество снимков, относящихся к студенту  $s$  в тестовом наборе [6].

Наконец, конфигурация порога  $\tau$  выбирается из условия максимизации F-меры при сопоставлении с валидационной выборкой:

$$\tau^* = \arg \max_{\tau} \frac{2Precision(\tau)Recall(\tau)}{Precision(\tau) + Recall(\tau)}$$

Введенные формулы позволяют формализовать процедуру сопоставления лиц как задачу ближайшего соседа в  $d$ -мерном пространстве, дополняя ее пороговым отбором и статистической оценкой качества. В дальнейшем планируется реализовать мобильное приложение, использующее тот же API. Экран выбора курса и загрузки снимков легко адаптируется под сенсорный интерфейс, а проверка embedded-моделей производится централизованно на сервере. Такой подход позволит преподавателям отмечать посещаемость прямо со смартфона.

Разработанный математический алгоритм распознавания лиц позволяет формализовать задачу контроля посещаемости студентов как задачу поиска ближайшего соседа в многомерном признаковом пространстве с пороговой фильтрацией. Формулы, включённые в статью, описывают полный цикл распознавания от генерации эмбеддингов до оценки точности и оптимизации пороговых значений. Такой подход обеспечивает не только высокую точность идентификации, но и устойчивость к ложным срабатываниям. Помимо прикладного значения, полученная модель может быть основой для масштабируемых решений в образовательных учреждениях, где необходима интеграция систем видеонаблюдения, баз данных студентов и интеллектуальной аналитики. Работа открывает возможности для дальнейших исследований в области оптимизации параметров модели, адаптации под различные условия съёмки и внедрения в инфраструктуру университетов.

### Список литературы

1. Засыпкин Д.С., Белов Ю.С. Обзор алгоритмов распознавания лица человека в библиотеке opencv // E-Scio. 2021. №7 (58).
2. Исаев А.Л., Газаров Д.А., Евсеев С.Д. Распознавание лиц по изображениям // Символ науки. 2017. №4.
3. Олигова М. М., Олигов А. М. Система распознавания лиц. face-интеллект // Форум молодых ученых. 2016. №4.
4. Салех Л.А., Хлопин С.В. Методы распознавания лиц на основе анализа видеоизображений // SAEC. 2023. №2.
5. Ромахов К. Д. Применение методов компьютерного зрения и нейронной сети для обнаружения лиц на изображении // Вестник магистратуры. 2019. №11-2 (98).

### References

1. Zasyupkin D.S., Belov Yu.S. Review of human face recognition algorithms in the opencv library // E-Scio. 2021. No. 7 (58).

2. Isaev A.L., Gazarov D.A., Evseev S.D. Face recognition from images // Symbol of science. 2017. No. 4.
  3. Oligova M.M., Oligov A.M. Face recognition system. face-intelligence // Forum of young scientists. 2016. No. 4.
  4. Salekh L.A., Khlopin S.V. Face recognition methods based on video image analysis // SAEC. 2023. No. 2.
  5. Romakhov K.D. Application of computer vision methods and neural network for detecting faces in an image // Bulletin of the Master's degree. 2019. No. 11-2 (98).
-