



## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**В. А. Манакова, П. С. Сухарева**

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

*С развитием искусственного интеллекта и машинного обучения, алгоритмы распознавания становятся всё более точными и эффективными. Одним из перспективных направлений в этой области является распознавание лиц с помощью беспилотных летательных аппаратов. В современном мире беспилотные летательные аппараты становятся все более распространенными и используются в различных областях, включая сельское хозяйство, строительство и логистику. Распознавание лиц - процветающая технология, использующая обработку изображений для идентификации человеческих лиц. Основными причинами повышенного интереса к распознаванию лиц являются рост численности населения, требующий высоких систем безопасности и наблюдения, необходимость проверки личности в цифровом мире, борьба в сельской местности, помощь во время стихийных бедствий и т. д. Распознавание лиц с помощью дронов может быть использовано для обеспечения безопасности, мониторинга и многих других целей. Распознавание лиц с использованием дронов вызывает ряд проблем, связанных с алгоритмами, применяемыми для обработки изображений. Во-первых, алгоритмы должны быть способны работать в условиях нестабильности и движения, которые характерны для съемки с дронов. Во-вторых, необходимо учитывать факторы, такие как освещение, ракурс и расстояние, которые могут влиять на качество распознавания.*

*В данной статье рассматриваются различные алгоритмы, которые используются в беспилотных летательных аппаратах для идентификации лиц. Целью данной работы является изучение, сравнение и сопоставление многочисленных алгоритмов идентификации лиц, таких как линейный дискриминантный анализ (LDA), анализ главных компонент (PCA) и нейронные сети. Благодаря развитию алгоритмов и увеличению вычислительных мощностей, распознавание лиц становится все более точным и быстрым. Однако, несмотря на все достижения, остается ряд проблем, которые требуют решения. Это исследование может помочь технологам в области распознавания лиц разработать гибридный алгоритм, основанный на потребностях приложений реального времени.*

*Ключевые слова: алгоритмы распознавания лиц, дискриминантный анализ, анализ главных компонент, беспилотная авиационная система.*

### **Для цитирования:**

*Манакова, В. А. Сравнительный анализ алгоритмов для распознавания лиц с помощью беспилотных авиационных систем / В. А. Манакова, П. С. Сухарева // Системный анализ и логистика. – 2024. – № 2(40). – с. 52 – 57. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-2-52-57.*

## A COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR FACE RECOGNITION USING UNMANNED AERIAL SYSTEMS

**V. A. Manakova, P. S. Sukhareva**

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

*With the development of artificial intelligence and machine learning, recognition algorithms are becoming more and more accurate and efficient. One of the promising trends in this field is face recognition using drones. In today's world, drones are becoming more and more common and are used in various fields including agriculture, construction, and logistics. Facial recognition is a flourishing technology that uses image processing to identify human faces. The main reasons for the increased interest in facial recognition are population growth requiring high security and surveillance systems, need for identity verification in the digital world, struggling in rural areas, assistance during natural disasters, etc. Drone facial recognition can be used for security, monitoring and many other purposes. Drone-based face recognition raises several challenges related to the algorithms used for image processing. First, the algorithms must be able to handle the instability and motion that characterize drone imagery. Secondly, factors such as lighting, foreshortening and distance that can affect the quality of recognition must be taken into account.*

*This paper discusses the various algorithms that are used in drones for face identification. The aim of this paper is to study, compare and contrast numerous face identification algorithms such as linear discriminant analysis (LDA), principal component analysis (PCA) and neural networks. Due to the development of algorithms and increased computational power, face recognition is becoming more and more accurate and faster. However, despite all the advances, there are still a number of challenges that need to be addressed. This study can help face recognition technologists to develop a hybrid algorithm based on the needs of real-time applications.*



*Keywords: face recognition algorithms, discriminant analysis, principal component analysis, unmanned aerial vehicle.*

**For citation:**

*Manakova, V. A. Comparative analysis of algorithms for face recognition using unmanned aerial systems / V. A. Manakova, P. S. Sukhareva // System analysis and logistics. – 2024. – № 2(40). – p. 52 – 57. DOI: 10.31799/2077-5687-2024-2-52-57.*

**Введение**

Неотъемлемым элементом человека, который чаще всего используется при распознавании людей, является лицо. Даже если люди могут узнавать известные лица, распознавание незнакомых лиц становится все более сложным. Именно здесь и появилась автоматизированная система, способная сравниться с человеком в распознавании людей. Распознавание лиц, современная процветающая технология, используется практически во всех сферах жизни. Эти развивающиеся технологии повысили спрос на продукты с дополнительными функциями. Таким образом, возникла необходимость в сочетании технологий [1]. В данной работе технология распознавания лиц объединена с технологией беспилотных летательных аппаратов, чтобы получить максимальную отдачу от нее. Беспилотные системы распознавания лиц могут быть построены с использованием различных алгоритмов машинного и глубокого обучения, но каждый из них имеет свои преимущества и недостатки.

**Структура системы распознавания лиц**

Система распознавания лиц состоит из трех основных этапов идентификации лица (рисунок 1). Это получение, извлечение и распознавание. Получение - это сбор изображений людей при различном освещении, выражении лица, ракурсе и сохранение их в базе данных. Извлечение - это сбор различных характеристик лица, таких как расстояние между глазами, длина линии челюсти, скулы, интуитивные особенности, чтобы их можно было сравнить и распознать. Совпадение обнаруживается путем сопоставления лица с лицами, хранящимися в базе данных.

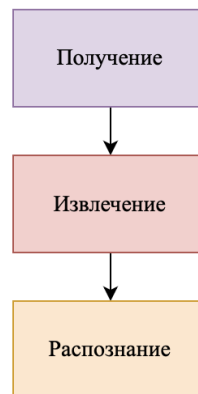


Рис. 1. Общий сценарий идентификации лиц

**Описание алгоритмов распознавания лиц**

Существует множество алгоритмов, которые используются для распознавания лиц. В данной работе анализируется три алгоритма.

1. Анализ главных компонент (РСА).

Это метод вычисления главных компонент и их использования для изменения данных, иногда с использованием только нескольких главных компонент и игнорированием остальных. Это метод уменьшения размерности, который сокращает большой набор переменных до меньшего, но при этом максимально сохраняет вариативность,



присутствующую в наборе данных [2]. Этот алгоритм относится к алгоритмам машинного обучения без контроля. Главными компонентами этого алгоритма являются вариация, ковариация, собственные значения и собственные векторы. Первым шагом является получение набора данных и разделение его на два набора - обучающий и проверочный. Затем эти наборы данных должны быть представлены в виде структуры, т.е. двумерной матрицы, где строка соответствует элементам данных, а столбцы – признакам. После стандартизации данных находится ковариация матрицы, которая затем используется для вычисления собственных значений и собственных векторов [3]. Эти собственные векторы сортируются от больших к малым, и незначительные признаки удаляются из набора данных (рисунок 2).

Простота реализации и сравнительно меньшая стоимость по сравнению с другими алгоритмами являются причиной использования PCA. Хотя этот алгоритм обладает определенными преимуществами, он также имеет некоторые недостатки, такие как чувствительность к освещению, тени и масштабу изображения, что снижает точность [4]. Точность - главное явление при распознавании лиц. Линейные корреляции между признаками хорошо улавливаются PCA, но при невыполнении этого предположения точность падает.

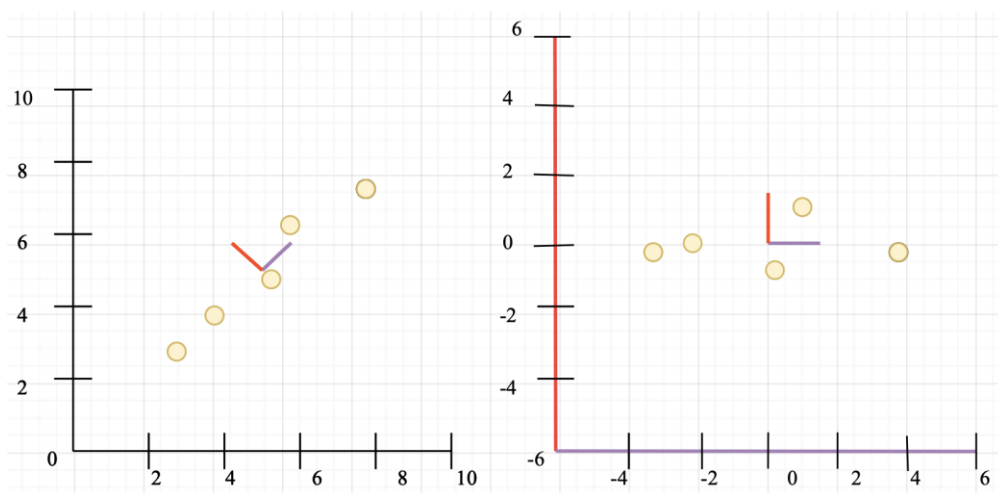


Рис. 2. Входной и выходной результат метода главных компонент (PCA)

## 2. Линейный дискриминантный анализ (LDA)

LDA, широко известный как дискриминантный анализ Фишера, это подход к уменьшению размерности, который проецирует признаки высокой размерности на области более низкой размерности [5]. Этот алгоритм используется для группировки фотографий, принадлежащих к одному классу, и для разделения фотографий, принадлежащих к другим классам. Будучи алгоритмом машинного обучения под наблюдением, LDA использует двухклассовый подход: межклассовый разброс и внутриклассовый разброс. Увеличивая отношение детерминанта матрицы межклассового разброса к детерминанту матрицы внутриклассового разброса, LDA определяет набор проецирующих векторов. Оценка межклассовой дисперсии и внутриклассовой дисперсии является первым этапом в LDA. Затем создается пространство меньшей размерности путем максимизации межклассовой дисперсии и уменьшения внутриклассовой дисперсии (рисунок 3). LDA и PCA похожи тем, что оба ищут линейные комбинации переменных, которые наилучшим образом объясняют данные [6]. LDA прилагает большие усилия для моделирования различий между классами знаний.

LDA очень эффективна с точки зрения использования памяти, проста в реализации и экономична. Ограничением LDA является чувствительность к чрезмерной подгонке, а также проблема малого размера выборки. Ограничения LDA заставили инженеров искать более совершенные алгоритмы.

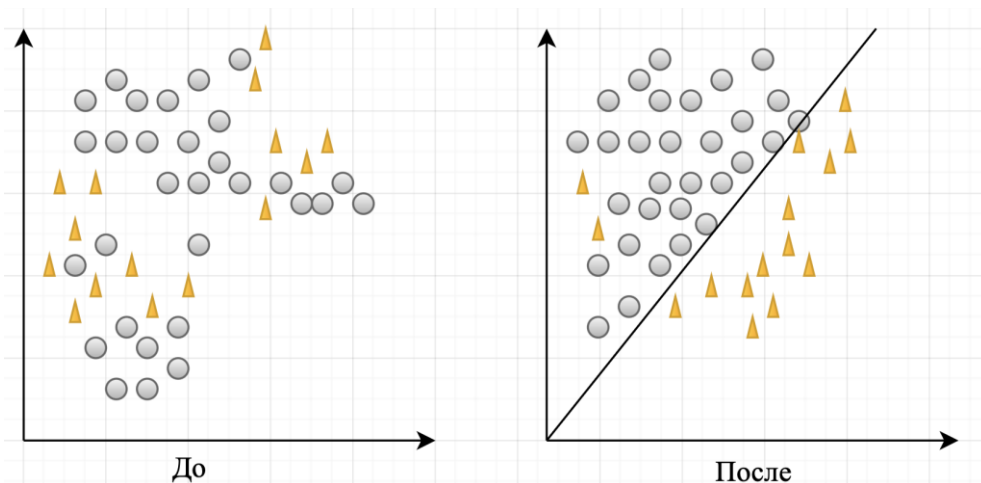


Рис. 3. Входные и выходные данные линейного дискриминантного анализа (LDA)

### 3. Нейронные сети

Это надежная техника распознавания лиц, которая помогает идентифицировать не только известные, но и неизвестные лица. Нейронные сети состоят из искусственных нейронов, которые также известны как узлы. Каждый узел взаимосвязан друг с другом. Значения присваиваются в зависимости от силы связи между узлами. Более высокое значение означает более сильную связь между узлами [7]. Вход, узел и выход – различные слои нейронной сети. Нейронные сети основаны на концепции глубокого обучения. Нейронная сеть – мировоззрение, которое используется для обучения компьютеров с помощью программ или для изучения данных в определенных целях. Существуют различные подходы в нейронных сетях для идентификации лиц. Обычно используются искусственные нейронные сети (ANN), сети обратного распространения (BPN), конволюционные нейронные сети (CNN) и сети радиальных базисных функций (RBF).

ANN рассматривается как взвешенный направленный граф. Входы и выходы нейронов связаны направленными ребрами с весами. ANN получает входной сигнал в виде паттерна, а изображения - в виде вектора [8]. Идентификация и категоризация изображений используются CNN для обнаружения объектов и распознавания лиц. Нейроны с изменяющимися весами и смещениями образуют CNN. Каждый нейрон получает большое количество входных сигналов и затем производит их взвешенное суммирование. Затем он проводит взвешенную сумму через функцию активации и выдает выходной сигнал. Этапами сети CNN являются конволюционный слой, активационный слой и объединяющий слой. CNN используются для анализа изображений, их группировки по сходству и последующего распознавания объектов.

Многослойные сети с прямой передачей и дифференцируемыми передаточными функциями могут быть обучены методом обратного распространения для выполнения аппроксимации функций, соединения шаблонов и категоризации шаблонов. BPN состоит из одного входного слоя, одного скрытого слоя и одного выходного слоя. В качестве входных данных для этой сети используются векторы признаков, полученные с помощью методов извлечения признаков. Передача вперед входного обучающего шаблона, обратная передача связанной с ним ошибки и изменение веса - три этапа обучения с обратной передачей. Факторизация неотрицательных матриц естественным образом объединяет радиальные базисные функции. Например, функции AND и OR линейно разделимы, а функция XOR - нет. Радиальная базисная функция преобразует входной сигнал в другой формат, который впоследствии может быть подан в сеть для обеспечения линейной сепарабельности. RBF состоит из трех слоев: входного, скрытого и выходного. Количество скрытых слоев в RBF строго ограничено одним. Вектор фигуры – так называется этот скрытый слой.

Нейронные сети имеют ряд преимуществ в точном определении лиц. Эти алгоритмы



широко используются в настоящее время. Несмотря на то что точность этих алгоритмов достигла 98 %, исследователи все еще работают над достижением полной точности.

### Сравнение алгоритмов распознавания лиц

Алгоритмы распознавания лиц представлены в таблице 1, в которой четко отражены их достоинства и недостатки, что позволяет исследователю выбрать лучший алгоритм в зависимости от требований приложения.

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов распознавания лиц

Алгоритм	Преимущества	Ограничения
РСА	Простота и легкость применима на практике. Размеры изображения минимизируются с помощью РСА. Экономичен по сравнению с другими алгоритмами.	РСА чувствителен к освещенности, тени и масштабу изображения. Ортогональные изменения исходных переменных влияют на РСА. Процесс удаления среднего значения перед построением ковариационной является дополнительным минусом.
LDA	Эффективно использует память, для решения проблемы освещенности соотношение между классами оптимизированно рассеивание до уровня, характерного для данного класса	Небольшой размер выборки, Если все матрицы рассеяния сингулярны, LDA терпит неудачу.
Нейронные сети	Нейронные сети с большей точностью распознают лица людей. Традиционное программирование хранит информацию во всей сети, а не в базе данных.	Предлагаемый подход демонстрирует большее время вычислений и полетных данных, чем другие эталоны. Нейронные сети требуют гораздо больше данных по сравнению с другими алгоритмами. Искусственные нейронные сети, в силу своей структуры, требуют процессоров с параллельной вычислительной мощностью.

### Заключение

Благодаря потенциально огромным возможностям применения, распознавание лиц является процветающей задачей в области обработки изображений и компьютерного зрения. Система распознавания лиц с использованием глубокого обучения играет важную роль в области наблюдения и безопасности. В данном исследовании предпринята попытка рассмотреть большое количество алгоритмов, используемых в настоящее время в области распознавания лиц. Кроме того, эта работа показала, что для улучшения работы алгоритмов распознавания лиц необходимо использовать гибридные методы. Сравнительный анализ алгоритмов позволяет технологу сформулировать алгоритмы с максимальной точностью в зависимости от требований приложения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kalra, I., Singh, M., Nagpal, S., Singh, R., Vatsa, M., & Sujit, P. B. Drone SURF: Benchmark Dataset for Drone-based Face Recognition // 14th IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition. – FG, 2019. – P. 156-159.
2. Kong, F., Li, J., Jiang, B., Wang, H., Song, H. Trajectory Optimization for Drone Logistics Delivery via Attention-Based Pointer Network. // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. – 2022. – P. 1–13.
3. Md. Omar Faruqe, Md. Al Mehedi Hasan. Face recognition using PCA and SVM // 3<sup>rd</sup> International Conference on Anti- counterfeiting, Security and identification. – 2019. – P. 134-139.



4. Kim, J., Kim, S., Jeong, J., Kim, H., Park, J.S., Kim, T. CBDN: Cloud-Based Drone Navigation for Efficient Battery Charging in Drone Networks. // IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. – 2019. – № 20. – P. 4174–4191.
5. Abhishek Bansal, Kapil Mehta, Sahil Arora. Face Recognition Using PCA and LDA Algorithm // Second International Conference on Advanced Computing & Communication Technologies. – January 2012. – P. 251-254.
6. Ahmadon, M.A.B., Yamaguchi, S. Cluster-Based Positioning Method of Drone Charging Station for Enlargement of Delivery Area // In Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). – Las Vegas, NV, USA, 2021. – P. 1-4.
7. Ahmadon, M.A.B.; Yamaguchi, S. Cluster-Based Positioning Method of Drone Charging Station for Enlargement of Delivery Area // In Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). – Las Vegas, NV, USA, 2021. – 520-526.
8. Yang, Y., Xiong, X., Yan, Y. UAV Formation Trajectory Planning Algorithms: A Review [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.3390/drones7010062> (дата обращения: 04.03.2024).

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

#### **Манакова Варвара Александровна**

Студент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: varya\_manakova06@mail.ru

#### **Сухарева Полина Сергеевна**

Студент

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

e-mail: polina.sukhareva2003@yandex.ru

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

#### **Manakova Varvara Alexandrovna**

Student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: varya\_manakova06@mail.ru

#### **Sukhareva Polina Sergeevna**

Student

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation  
67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: polina.sukhareva2003@yandex.ru