

## Автоматизированная система контроля и управления доступом на основе анализа биометрических параметров человека

Р. С. Антипов, Т. В. Мартыненко

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
[380713347428@yandex.ru](mailto:380713347428@yandex.ru), [tatyana.v.martynenko@gmail.com](mailto:tatyana.v.martynenko@gmail.com)

### Аннотация

Приведено описание методов обработки изображений, используемых при идентификации человека, для повышения уровня достоверности биометрических систем. Рассмотрены все этапы решения поставленной задачи. Произведен сравнительный анализ существующих групп методов для решения поставленной задачи, а также выявлены основные проблемы, возникающие при обработке видеоданных.

### Введение

Биометрические данные используются для идентификации или различения людей на основе их уникальных особенностей. Исторически сложилось так, что основное применение биометрии было в уголовных расследованиях, и первоначально методы были довольно простыми. Измерения основывались на легко видимых особенностях тела, таких как шрамы, родимые пятна или расстояния между отдельными частями тела. Несмотря на простоту (хотя и трудоемкость) выполнения, эти методы страдали от неточных измерений и нечетких характеристик, которые вызывали более высокий риск неудачной идентификации или ложных срабатываний.

В конце XIX века потенциал отпечатков пальцев как биометрического признака был признан. Это была гораздо более тонкая особенность, но с гораздо большей отчетливостью, чем ее предшественники. Система распознавания отпечатков пальцев вскоре стала наиболее часто используемой в англоязычных странах [1].

В настоящее время существует очень большое количество систем идентификации, основанных на различных типах биометрии [1, 2]. Они включают в себя распознавание:

- радужной оболочки;
- отпечатков пальцев;
- сетчатки;
- голоса;
- лица;
- сосудов ладони.

Последняя технология представляет собой довольно новую технологию в биометрической области, которая постепенно внедряется во всем мире. Идея использования сосудистого паттерна кисти впервые была рассмотрена в начале 1990-х годов, но только в начале 2000-х был разработан коммерческий продукт, ставший популярным, когда было создано приложение для

идентификации личности на основе рисунка вен на тыльной стороне ладони.

Хотя биометрия по-прежнему является важным инструментом уголовного расследования, в настоящее время она также используется в коммерческих продуктах, требующих аутентификации пользователей, таких как контроль доступа. Другое возможное применение биометрии – в наблюдениях, где используется распознавание лиц. Это область биометрии, которая была широко исследована, особенно после атак 9/11 [3, 4].

### Постановка задачи

Проблеме идентификации человека посвящено множество работ, однако в целом она ещё далека от разрешения. Основные трудности заключаются в том, чтобы можно было идентифицировать человека по изображению его сосудистого русла независимо от изменения ракурса и условий освещённости при съёмке.

Цифровое изображение, получаемое видеокамерой в момент времени  $t$  и имеющее по вертикали  $h$ , а по горизонтали  $w$  пикселей, обозначим  $I_t(h, w)$ . Видеопоток – это последовательность цифровых изображений (кадров)  $I_t(h, w)$ ,  $I_{t+1}(h, w)$ , ...,  $I_{t+k}(h, w)$ . Под прямоугольной областью интересов  $ROI(x, y)$  понимается множество пикселей цифрового изображения  $I_t(h, w)$ , очерчивающих искомым объект, содержащее  $x$  пикселей по вертикали и  $y$  по горизонтали. Обнаружением объекта называется выделение области  $ROI(x, y)$  на цифровом изображении  $I_t(h, w)$  в момент времени  $t$ .

### Цель исследования

Целью является обзор методов идентификации человека по изображениям для повышения уровня достоверности распознавания бесконтактных систем.

Решение задачи состоит из нескольких шагов. На рис. 1 представлены основные этапы обработки изображений.

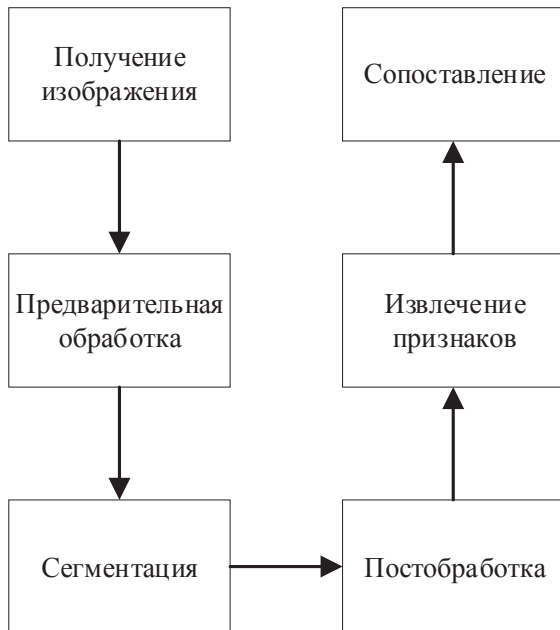


Рисунок 1 – Основные этапы обработки изображений

### Обнаружение и распознавание объектов в кадре

В первую очередь после получения очередного кадра требуется выделить на нем объекты, представляющие интерес.

Проблема с выделением области интересов (ROI) заключается в том, что извлеченные области должны быть одного размера и с одинаковым расположением для каждого снимка. Для решения этой проблемы используются два метода извлечения ROI.

Первый метод предполагает фиксацию руки в определенном положении сразу под камерой [5].

Второй метод основан на извлечении информации, взятой из захваченного изображения. Для этого используются ключевые точки контура руки [6].

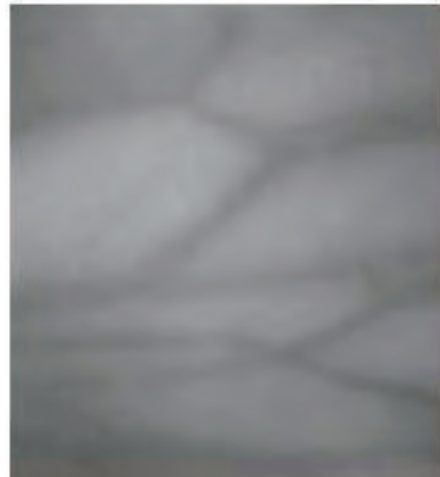
### Удаление ненужной информации

Выделенное ROI содержит помимо рисунка вен много ненужной информации, от которой необходимо избавиться. Это выполняется в три этапа: предобработка, сегментация, постобработка.

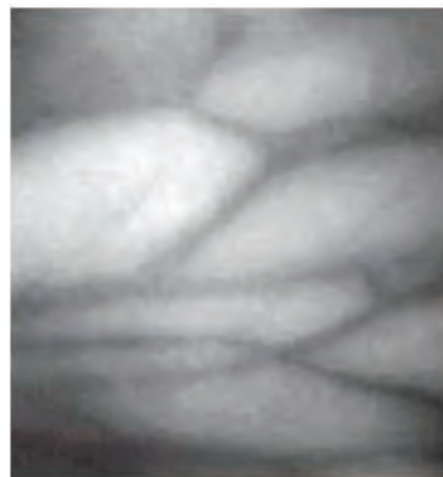
### Предобработка

Данный этап уменьшает шум в изображении, который мог возникнуть в результате работы некачественной камеры или

наличия волосков. Для этого этапа применяется фильтр высоких частот (ФВЧ), а затем бинаризацию на основе гистограммы [7] либо фильтр низких частот (ФНЧ) Гаусса [5]. Затем для удаления «шума» от волосков на руке применяется медианный фильтр. На рис. 2 представлены изображения до и после данного этапа.



а)



б)

Рисунок 2 – Результат этапа предварительной обработки:  
а) до обработки; б) после обработки [7]

### Сегментация

После уменьшения шума изображение проходит сегментацию. Она используется для получения хорошего двоичного представления рисунка вен. Распространенным методом является локальное пороговое значение [5, 8-10]. Это дает возможность получить хорошее разделение рисунка венозного русла от фона. Другие методы – направленный сосудистый рисунок [7] (представлен на рис. 3) и обнаружение края [6] – являются более сложными в реализации.

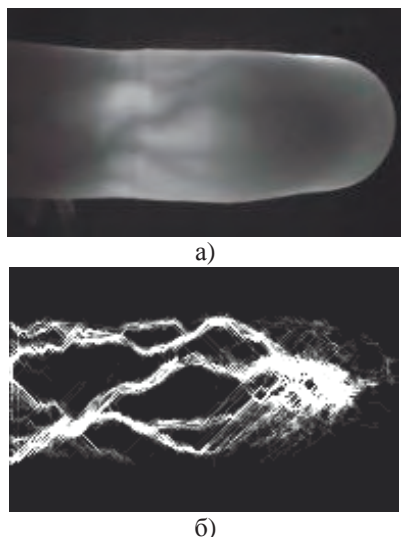


Рисунок 3 – Результат работы метода направленного сосудистого рисунка: а) до обработки; б) после обработки

### Постобработка

Этап нужен из-за изменений диаметров вен, вызванных различными факторами, такими как температура окружающей среды, физические упражнения и т. д. Применяется также для изоляции узора вен, удаляя «капли», не являющиеся частью рисунка вен.

При постобработке применяются следующие морфологические методы: дилатация (расширение, наращивание), эрозия (сужение), открытие (размыкание) и закрытие (замыкание). Метод открытия представляет собой последовательное применение методов эрозии и дилатации; метод закрытия – дилатации, а затем – эрозии. На рис. 4-5 представлены результаты обработки данными методами.

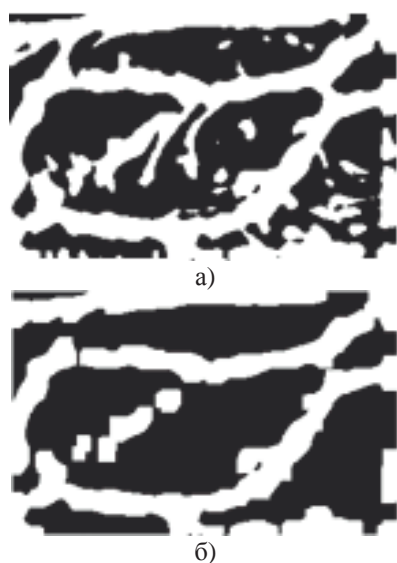


Рисунок 4 – Результат применения оператора открытия: а) до обработки; б) после обработки

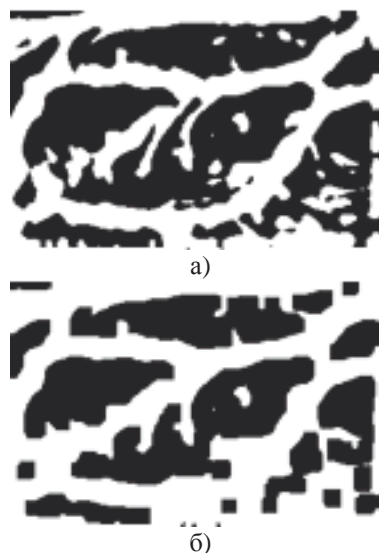


Рисунок 5 – Результат применения оператора закрытия: а) до обработки; б) после обработки

### Извлечение признаков и распознавание

Последние шаги, связанные с системой распознавания образов вен – это функция извлечения и распознавания. Эти шаги сильно зависят друг от друга, поскольку один метод распознавания обычно работает только с определенной характерной чертой. По этой причине были выбраны функции и соответствующие методы извлечения на основе методов распознавания.

Для преодоления проблемы нестабильности признака от окружающей среды, системе необходимо проанализировать общую форму рисунка сосудистого русла. Утоньшение – широко используемый метод для извлечения этой формы. Он преобразует рисунок вены в линию толщиной в один пиксель. Этот алгоритм часто модифицируется, чтобы избавиться от некоторых ненужных точек размером в один пиксель, а также для избавления от небольших ненужных ветвей [5, 8].

Скелет, полученный этими методами (представлен на рис. 6), затем используется для извлечения признаков и сопоставления.

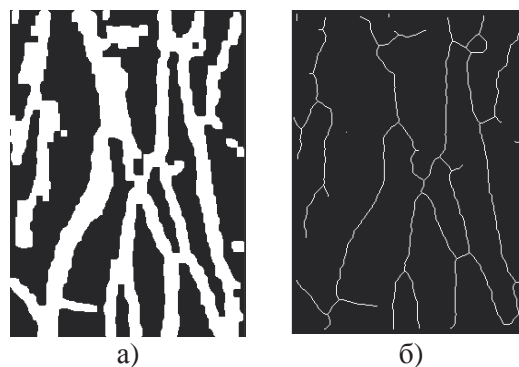


Рисунок 6 – Результат метода Утоньшение: а) до обработки; б) после обработки

Иногда в качестве признака используется сам скелет, иногда извлекаются такие признаки, как перекрестные и конечные точки.

При использовании скелета используется метод медиальной репрезентации оси элемента массива вен, а затем применение схемы «ограниченной последовательной корреляции» для сопоставления с шаблоном [8].

Для сопоставления точек чаще всего используют триангуляцию Делоне, модифицированное расстояние Хаусдорфа.

Чтобы быть эффективным, метод триангуляции Делоне требует, чтобы положение всех точек относительно друг друга было стабильным. К сожалению, в целом оказалось, что это не относится к конечным точкам и точкам пересечения, извлеченным из рисунков утонченных вен. Из-за небольших различий в снятых изображениях данные точки, как правило, появляются случайным образом на утонченном изображении, в результате чего триангуляция сильно отличается даже между очень похожими изображениями. На рис. 7 представлен результат анализа снимков руки, сделанных под различными углами. Данный метод имеет высокую эффективность при работе в контактных системах распознавания (отпечаток пальца).

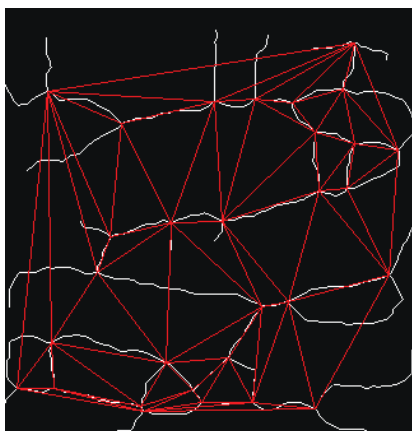


Рисунок 7 – Триангуляция Делоне на примере снимков руки, сделанных под различными углами

Модифицированное расстояние Хаусдорфа (МРХ) имеет низкое значение при сравнении выборок одного и того же шаблона и высокое у разных шаблонов. Это показывает, что МРХ может использоваться для распознавания образов.

Для распознавания с помощью МРХ требуется база данных извлеченных шаблонов, назначенная каждому зарегистрированному человеку. Когда неизвестный образец должен быть идентифицирован, значение МРХ вычисляется между ним и всеми изображениями, соответствующими человеку в базе данных. После этого берется среднее значение этих расстояний, давая оценку того, насколько похож образец на шаблон этого человека. Это повторяется для всех зарегистрированных лиц. После этого неизвестный шаблон идентифицируется как принадлежащий к классу с самым низким МРХ, который находится ниже заданного порога принятия решения. Если нет значения ниже порога принятия решения, то неизвестный шаблон классифицируется как неизвестный. На рис. 8 представлены два паттерна одной руки, на рис. 9 – другой; в табл. 1 – рассчитанное МРХ для данных паттернов.

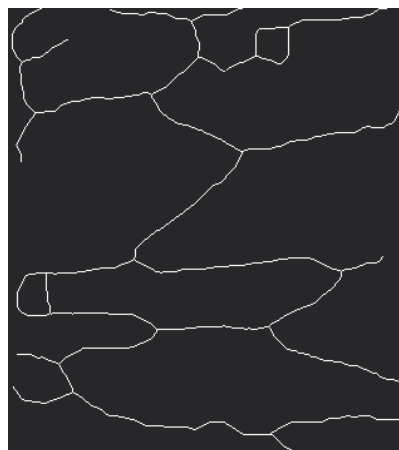
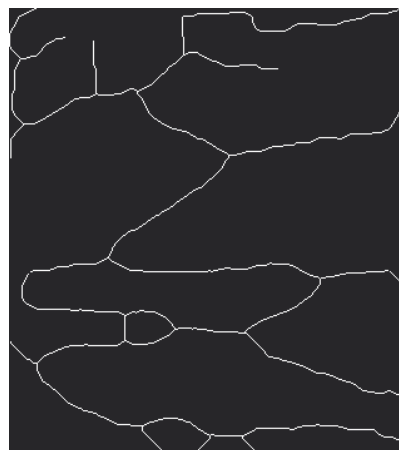


Рисунок 8 – Паттерны одной руки в разных ракурсах

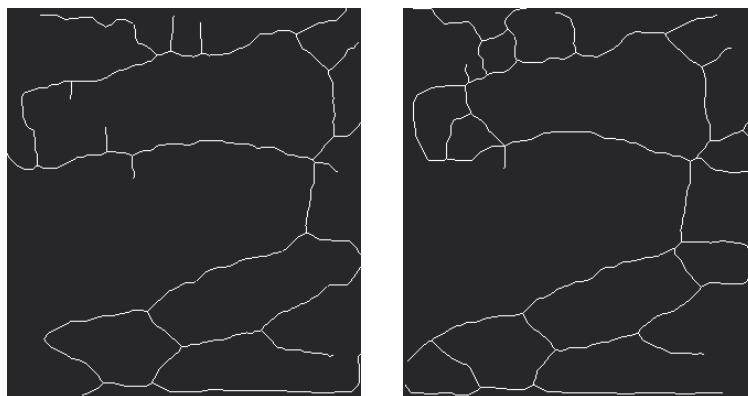


Рисунок 9 – Паттерны второй руки в разных ракурсах

Таблица 1 – Значения МРХ

	Рис. 8а	Рис. 8б	Рис. 9а	Рис. 9б
Рис. 8а	0	5.768	12.195	12.5
Рис. 8б	5.768	0	12.963	13.478
Рис. 9а	12.195	12.963	0	7.091
Рис. 9б	12.5	13.478	7.091	0

### Анализ существующих методов

Производительность биометрических систем имеет важное значение для определения того, есть ли у системы потенциал для применения в реальных жизненных ситуациях. В табл. 2 представлены рассмотренные методы и их эффективность.

Таблица 2 – Эффективность методов

Название	Объекты	Изображения для тестирования	Попытки сопоставления		FAR	FRR	FTE
			Права доступа				
			Есть	Нет			
Кросс и Смит [1]	20	2	40	760	0%	7.5%	0%
Ванг и Лидхам [8]	12	6	72	792	0%	0%	0%
Университет Цинхуа [5]	13	5	260	3120	0%	4.6%	0%
Харбинский университет [5]	48	5	960	45120	0%	0.8%	0%
Миура (2004) [7]	678	1	678	459006	0.145%	0.145%	0%
Миура (2006) [9]	678	1	678	459006	1%	0%	0%
Лин и Фан [10]	32	15	480	14880	3.5%	1.5%	«малое число»

В таблице представлены три ключевых показателя производительности:

– частота ложного принятия (FAR) – вероятность того, что несанкционированное лицо принято в качестве уполномоченного лица;

– частота ложных отказов (FRR) – вероятность того, что уполномоченное лицо отклонено как неавторизованное лицо;

– отказ от регистрации (FTE) – вероятность того, что данный пользователь не сможет зарегистрироваться в биометрической системе из-за недостаточно отличительной биометрической выборки.

Данные показатели могут привести к неправильной оценке эффективности, если используются только два из них без третьего.

### Обобщенная схема работы системы

Система контроля и управления доступом в упрощенном виде состоит из трех модулей:

– модуля считывания биометрических данных;

– модуля идентификации;

– модуля предоставления доступа.

Входной информацией для такой системы является видеопоток. Из него выделяется последовательность кадров, к каждому из которых применяется алгоритм детектирования руки. Получив область кадра с объектом, необходимо произвести сравнение ключевых признаков полученного объекта с имеющимися в БД. В результате чего получаем отсылку на конкретного человека. В случае отсутствия совпадения регистрируется попытка нарушения доступа. В случае идентификации личности выполняется проверка прав доступа.

Основным ограничением является тот факт, что система никогда не может измерить данную функцию с абсолютной точностью: хорошие измерения требуют точного оборудования, и, как правило, объект должен



быть расположен определенным образом для достижения полезных результатов. Последствия сбоя системы будут зависеть от приложения. Если пользователь ложно отклонен системой безопасности, ущерб обычно ограничен, поскольку пользователь может просто попробовать еще раз. Если, с другой стороны, самозванец ложно принят системой, потенциальный ущерб может быть большим. По этой причине высокая ложная скорость принятия (FAR) обычно более важна для системы безопасности, чем низкая истинная скорость принятия (TAR).

### Выводы

В статье исследуется процесс идентификации человека на основе биометрического изображения. Проведен сравнительный анализ существующих категорий методов решения поставленной задачи. Определены направления в решении задачи. В процессе исследования предметной области были выявлены существенные проблемы, которые могут возникнуть при обработке потока видеоданных, а именно сложность идентификации человека при изменении ракурса съемки признака.

### Литература

1. Р. М. Болл, Дж. Х. Коннел, Ш. Панканти, Н. К. Ратха, Э. У. Сеньор. Руководство по биометрии: Пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 369 с.
2. Ворона В. А., Тихонов В. А. Системы контроля и управления доступом. Уч. пособие. –

М.: Горячая линия – Телеком, 2010 – 272 с.

3. T. Frank. (2007, May) Face recognition next in terror fight. Internet. [Online]. Режим доступа: [https://usatoday30.usatoday.com/news/washington/2007-05-10-facial-recognition-terrorism\\_N.htm](https://usatoday30.usatoday.com/news/washington/2007-05-10-facial-recognition-terrorism_N.htm)
4. M. Kane. Face recognition grew even before 9/11. [Online]. Режим доступа: <http://news.cnet.com/2100-1023-883730.html>
5. L. Wang and G. Leedham, "A thermal hand vein pattern verification system," Lecture Notes in Computer Science, pp. 58-65, 2005.
6. K. Fan, C.-L. Lin, and W.-L. Lee, "A study of hand vein recognition method," in 16th IPPR Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing. Kinmen, ROC: IPPR, August 2003.
7. Y. Ding, D. Zhuang, and K. Wang, "A study of hand vein recognition method," in International Conference on Mechatronic and Automation. Niagara Falls, Canada: IEEE, 2005.
8. J. Cross and C. Smith, "Thermographic imaging of the subcutaneous vascular network of the back of the hand for biometric identification," in Security technology, 1995. Proceedings. Institute of Electrical and Electronics Engineers 29th Annual 1995 International Carnahan Conference on. Sanderstead, UK: IEEE, 1995.
9. A. Nagasaka, T. Miyatake, and N. Miura, "Feature extraction of finger-vein patterns based on repeated line tracking and its application to personal identification," Machine Vision and Applications, vol. 15, pp. 194 - 203, 2004.
10. N. Miura, A. Nagasaka, and T. Miyatake, "Personal identification device and method," US Patent #2005/0 047 632A1, 2005.

*Антипов Р. С., Мартыненко Т. В. Автоматизированная система контроля и управления доступом на основе анализа биометрических параметров человека. Приведено описание методов обработки изображений, используемых при идентификации человека, для повышения уровня достоверности биометрических систем. Рассмотрены все этапы решения поставленной задачи. Произведен сравнительный анализ существующих групп методов для решения поставленной задачи, а также выявлены основные проблемы, возникающие при обработке видеоданных.*

**Ключевые слова:** система идентификации, безопасность, биометрия, видеопоток, изображение.

*Antipov R., Martynenko T. Automated access control system based on the analysis of human biometric parameters. A description is given of image processing methods used in human identification to increase the level of confidence in biometric systems. Considered all the stages of solving the task. A comparative analysis of the existing groups of methods to solve the problem, as well as the main problems encountered in the processing of video data.*

**Keywords:** identification system, security, biometrics, video stream, image.

Статья поступила в редакцию 15.02.2019  
Рекомендована к публикации профессором Миненко А. С.