

Идентификация пользователя по рисунку вен в биометрическом иммобилайзере

М. А. Басараб¹, Т. И. Булдакова²

МГТУ имени Н.Э. Баумана

¹bmic@mail.ru, ²buldakova@bmstu.ru

К. А. Смолянинова

МГТУ имени Н.Э. Баумана

kriszzztina@yandex.ru

М. Н. Соколов

МГТУ имени Н.Э. Баумана

mike.sv@mail.ru

Аннотация. Рассмотрена проблема защиты транспортных средств от угонов с использованием биометрических иммобилайзеров. Предложено применение васкулярного метода аутентификации на основе рисунка вен пальца водителя. Приведены блок-схемы алгоритмов предварительной обработки изображения и формирования биометрического образа.

Ключевые слова: биометрия; распознавание образов; алгоритм аутентификации; рисунок вен; биометрический иммобилайзер; транспортное средство

I. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальной проблемой является защита транспортных средств от угонов. По мере добавления в автомобили электронных устройств растет количество уязвимостей, которые позволяют злоумышленникам взламывать и угонять транспорт. При этом пути взлома становятся изощреннее, следовательно, и методы защиты должны быть эффективнее.

Традиционные средства защиты транспортных средств, в основном, связаны с отпугиванием, отслеживанием и привлечением внимания. Вместе с этим существуют штатные средства блокировки автомобиля, но они преодолеваются злоумышленниками путем прописывания поддельных ключей в центральный блок управления [1, 2].

Решением проблемы является использование биометрического иммобилайзера, позволяющего осуществлять блокировку двигателя транспортного средства путем разрыва критически важных электрических цепей [3]. Биометрические признаки человека являются уникальными, что позволяет успешно применять их в системах безопасности для идентификации пользователей [4]. Однако недостатком существующих биометрических иммобилайзеров является применение метода аутентификации по отпечатку пальца [5–7]. Данный метод не является безопасным, так как известны различные способы подделки отпечатка.

В статье предлагается использовать васкулярный метод аутентификации, обеспечивающий высокую точность

распознавания и скрытность характеристики. Рисунок вен виден только в инфракрасном спектре, поэтому его невозможно фальсифицировать [8, 9].

Одной из ключевых задач построения биометрических систем аутентификации по рисунку вен пальца является предварительная обработка изображения, благодаря которой производится отсечение ненужных областей и подготовка к извлечению биометрического образа [10].

II. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ БИОМЕТРИЧЕСКОГО МОДУЛЯ АУТЕНТИФИКАЦИИ

Технология биометрической аутентификации по венозному рисунку основывается на оптической визуализации вен человека и их дальнейшем распознавании [11, 12]. Поскольку гемоглобин крови человека поглощает инфракрасное излучение, а другие ткани – отражают, то на снимке вены выглядят темнее, чем другие ткани. Это позволяет выделить их для дальнейшей аутентификации пользователя.

Основным элементом биометрического иммобилайзера является модуль захвата и распознавания изображения, так как именно он обеспечивает систему функциями идентификации пользователей. На рис. 1 представлена структурная схема биометрического модуля аутентификации пользователя системы. На вход модуля поступает изображение со сканера, после чего происходит предварительная обработка изображения, которая включает: 1) извлечение области интереса; 2) изменение размера изображения; 3) повышение качества изображения.

Входное изображение содержит нежелательный фон, поэтому первым этапом является фильтрация и выделение области интереса. Фильтрация позволяет выделить значимые области вен пальца и снизить области шумов и бликов. Далее выполняется преобразование исходного изображения в бинарный код с помощью метода Оцу [13]. Бинаризация позволяет определить центр пальца и выполнить обрезку изображения на основе выбранной центральной точки.



Рис. 1. Структурная схема биометрического модуля аутентификации

Для сокращения времени работы алгоритма и дополнительного уменьшения шума размер обрезанного изображения масштабируется (уменьшается его разрешение). Так как полученное изображение в основном имеет низкий уровень контраста, его необходимо увеличить с помощью модифицированного фильтра высоких частот Гаусса. Данный фильтр позволяет извлечь низкочастотные компоненты, такие как границы и вены пальца. На рис. 2 представлена блок-схема алгоритма предварительной обработки венозного рисунка пальца пользователя. Ниже рассмотрены основные этапы алгоритма и их особенности.

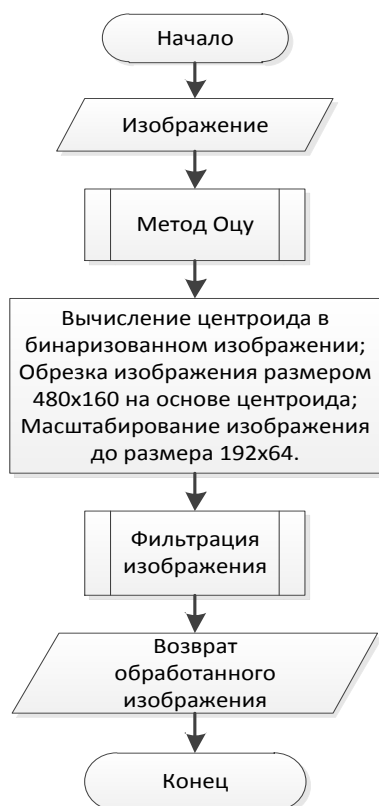


Рис. 2. Блок-схема алгоритма предварительной обработки изображения

III. ПОИСК ОБЛАСТИ ИНТЕРЕСА

Сначала входное изображение бинаризуется с помощью метода Оцу (рис. 3), и в бинаризованном изображении определяется барицентр белой области (условный центр пальца). Для этого вычисляется сумма произведений значений пикселей на их положение по горизонтальной и вертикальной координатам, $a_w = \sum_{j=1}^{Height} \sum_{i=1}^{Width} (p_{ij} \cdot x_i)$ и $a_h = \sum_{i=1}^{Width} \sum_{j=1}^{Height} (p_{ij} \cdot y_j)$, соответственно. Здесь p_{ij} – значение пикселя с координатами x_i и y_j , $Width$ – ширина изображения, $Height$ – высота изображения.

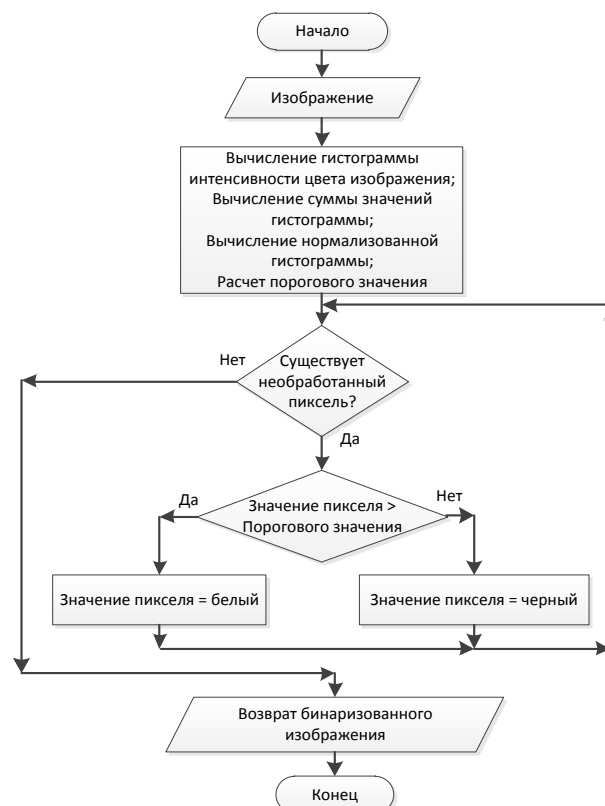


Рис. 3. Блок-схема метода Оцу

Координаты барицентра определяются как $B_x = a_w/W$, $B_y = a_h/W$, где $W = \sum_{i=1}^{Width} \sum_{j=1}^{Height} p_{ij}$. Координаты барицентра B_x и B_y служат точкой отсчета для определения координат особых точек венозного рисунка.

Исходя из рассчитанной точки, изображение обрезается до размера 480x160, и таким образом выделяется область интереса. В дальнейшем для увеличения скорости работы алгоритма, а также для избавления от пиксельных шумов обрезанное изображение масштабируется до разрешения 192x64 пикселя.

Таким образом, бинаризация позволяет определить центр области интереса (условный центр пальца) и получить масштабированное изображение, которое будет использоваться для выделения рисунка вен.

IV. ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКОГО ОБРАЗА

Далее необходимо сформировать биометрический образ, содержащий особенности вен пальца пользователя, в виде цифрового кода. Но поскольку входное изображение обладает низким значением контрастности, ее необходимо увеличить. Эту процедуру можно выполнить, например, при помощи модифицированного фильтра Гаусса [14]. Фильтр вычисляется по формуле:

$$H(x, y) = a(1 - e^{-D^2(x, y)/2D_0^2}) + b,$$

где $D(x, y) = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$ – расстояние от точки (x, y) до локуса частоты среза с координатами (x_0, y_0) ; D_0 – расстояние локуса частоты среза от начала координат; a и b – корректирующие переменные, позволяющие изменять амплитуду и начальный уровень сигнала фильтрующей маски. Пример результата фильтрации исходного изображения показан на рис. 4.

После фильтрации изображение имеет достаточный уровень контрастности для извлечения биометрического образа, который описывает особенности венозного рисунка в виде текстурных дескрипторов.

Возможны разные подходы к анализу текстуры. В данном случае особенности венозного рисунка пальца пользователя транспортного средства выявляются при помощи алгоритма LLBP (Local Line Binary Pattern). Для извлечения биометрического образа в данном методе использован новый дескриптор текстуры [15]. Одним из

преимуществ алгоритма LLBP является то, что он может подчеркнуть изменение интенсивности изображения (например, в области бифуркации (разделения) сосудов, в областях окончания или изгиба сосуда).

Оператор, используемый для текстурного анализа, состоит из двух компонент: горизонтальной ($LLBP_h$) и вертикальной ($LLBP_v$) составляющих. Значение $LLBP$ может быть получено путем вычисления двоичных кодов строк для обеих компонент:

$$s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0, \end{cases}$$

$$LLBP_h(x, y) = \sum_{n=1}^{c-1} s(h_n - h_c) \cdot 2^{c-n-1} + \sum_{n=c+1}^N s(h_n - h_c) \cdot 2^{n-c-1},$$

$$LLBP_v(x, y) = \sum_{n=1}^{c-1} s(v_n - v_c) \cdot 2^{c-n-1} + \sum_{n=c+1}^N s(v_n - v_c) \cdot 2^{n-c-1},$$

$$LLBP = \sqrt{LLBP_h^2 + LLBP_v^2},$$

где $s(x)$ – пороговая функция; N – длина строки пикселей; $c = N/2$ – позиция центрального пикселя (h_c, v_c).

На рис. 5 представлен графический результат кодирования методом LLBP для вертикальной, горизонтальной и результирующей составляющей.

Дальнейший процесс аутентификации основан на сравнении извлеченного образа с эталонными биометрическими образами, хранящимися в базе данных. Сходство между образами в процессе идентификации может измеряться с использованием, например, расстояния Хэмминга.

Поскольку образы одного пользователя, вычисленные в разные промежутки времени с различным положением пальца, могут отличаться друг от друга, то алгоритм распознавания должен учитывать эти отличия. Поэтому сравнение производится с использованием порогового значения, изменение которого будет влиять на точность распознавания и величину ошибок первого и второго рода, при наличии которых происходит успешная аутентификация пользователя, отсутствующего в базе данных, или отказ в доступе легальному пользователю, соответственно [16].



Рис. 4. Результат фильтрации изображения: а – исходное изображение, б – отфильтрованное изображение

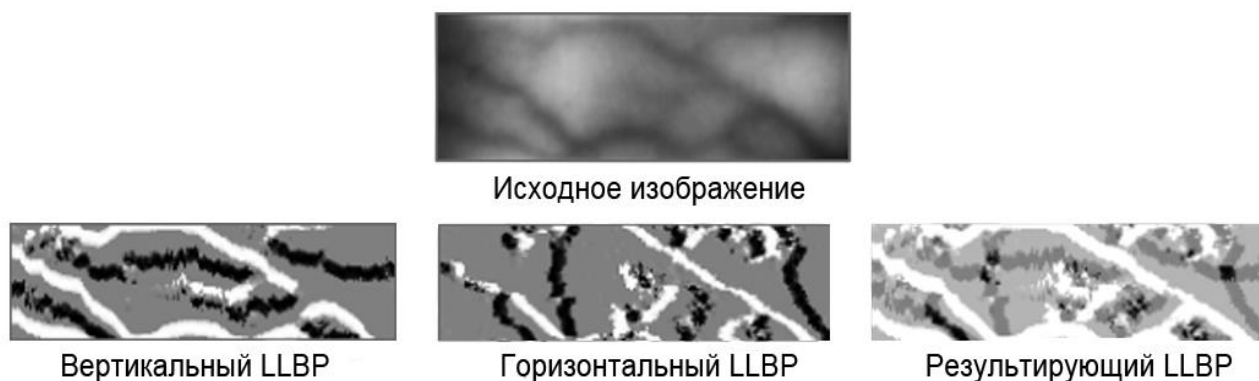


Рис. 5. Результат кодирования по методу LLBP

Пороговое значение необходимо выбрать исходя из статистических показателей ошибок при разных значениях порога [17]. При выборе значения требуется минимизировать показатели ошибок первого и второго рода.

В. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биометрический образ, извлекаемый из изображения кровеносных сосудов и определяющий особые точки вен, позволяет точно идентифицировать конкретного пользователя. Узоры кровеносных сосудов являются уникальными для каждого человека и, в отличие от отпечатков пальцев, их невозможно подделать, поэтому не обязательно проводить перерегистрацию пользователей через определенные промежутки времени.

В ходе исследования была разработана функциональная модель работы биометрического модуля аутентификации человека по рисунку вен пальца, рассмотрены алгоритмы для предварительной обработки изображения и формирования биометрического образа.

В зависимости от режима работы модуля биометрического иммобилайзера сформированный образ либо записывается в базу данных, либо производится его сравнение с уже существующими в базе данных эталонными образами и выносится решение о степени совпадения образов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] S. Tillich, M. Wójcik "Security Analysis of an Open Car Immobilizer Protocol Stack," in Proceedings of 4th International Conference on Trusted Systems. Lecture Notes in Computer Science. C.J. Mitchell and A. Tomlinson, Eds. 2012. Vol. 7711. Pp. 83-94. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35371-0_8.
- [2] J. Wei, Y. Matsubara and H. Takada, "HAZOP-Based Security Analysis for Embedded Systems: Case Study of Open Source Immobilizer Protocol Stack," In Recent Advances in Systems Safety and Security. Studies in Systems, Decision and Control. E. Pricop and G. Stamatescu, Eds. 2016. Vol. 62. Pp. 79-96.
- [3] J.C. van Ours, B. Vollaard, "The Engine Immobiliser: A Non- starter for Car Thieves," The Economic Journal. 2016. Vol. 126, No. 593. Pp. 1264–1291.
- [4] S. Prabhakar, S. Pankanti and A.K. Jain, "Biometric recognition: security and privacy concerns," IEEE Security & Privacy, vol. 99, Issue 2, pp. 33-42, Mar-Apr 2003.
- [5] C.-N. Liang, H.-B. Huang and B.-C. Chen, "Fingerprint Identification Keyless Entry System," International Journal of Electronics and Communication Engineering, vol. 2, No. 8, pp. 1554-1559, 2008.
- [6] A. Kumar, Y. Zhou, "Human identification using finger images," IEEE Transactions on Image Processing, 21 (4), pp. 2228-2244, 2012.
- [7] S.C. Draper, A. Khisti, E. Martinian, A. Vetro and J.S. Yedidia, "Using distributed source coding to secure fingerprint biometrics," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, Hawaii, pp. 129–132, 2007.
- [8] Y. Zhou and A. Kumar, "Human identification using palm-vein images," IEEE Transactions on Information Forensics and Security. 6 (4), pp. 1259-1274, 2011.
- [9] S. Liu and Sh. Song, "An embedded real-time finger-vein recognition system for mobile devices," IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 58, Issue 2, pp. 522-527, May 2012. DOI: 10.1109/TCE.2012.6227456
- [10] S.I. Suyatinov, S.V. Kolentev and T.I. Bouldakova, "Criteria of identification of the medical images," Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering, vol. 5067, pp. 148-153, 2002.
- [11] N. Kaur and P. Chopra, "Vein Pattern Recognition: A secured way of authentication," International Journal of Engineering And Computer Science, vol. 5, Issue 10, pp. 18377-18383, Oct. 2016. DOI: 10.18535/ijecs/v5i10.26
- [12] C. Wilson, Vein Pattern Recognition: A Privacy-Enhancing Biometric, CRC Press, 2017, 307 p.
- [13] N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms," IEEE Transaction Systems, Man, and Cybernetics, vol. 9, No. 1, pp. 62-66, 1979.
- [14] E.C. Lee, H. Jung and D. Kim, "New finger biometric method using near infrared imaging," Sensors, 11(3), pp. 2319–2333, 2011.
- [15] A.R. Bakhtiar, W.S. Chai and A.S. Shahrel, "Finger Vein Recognition Using Local Line Binary Pattern," Sensors, 11(12), pp. 11357-11371, 2011. doi:10.3390/s111211357
- [16] K.W. Ko, J. Lee, M. Ahmadi and S. Lee, "Development of Human Identification System Based on Simple Finger-Vein Pattern-Matching Method for Embedded Environments," International Journal of Security and Its Applications, vol. 9, No. 5, pp. 297-306, 2015. URL: <http://dx.doi.org/10.14257/ijssia.2015.9.5.29>
- [17] R. Chopra and S.Kaur, "Finger print and finger vein recognition using repeated line tracking and minutiae," International Journal of Advanced Science and Research, vol. 2, Issue 2, pp. 13-22, 2017.