

УДК 004.932

**ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИНФРАКРАСНОГО
ИЗОБРАЖЕНИЯ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ КИСТИ
ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ****В.Н. Васюков, К.С. Морозов***Новосибирский государственный технический университет*

Строение кровеносных сосудов относится к перспективным биометрическим признакам, используемым для идентификации и аутентификации личности с высокой надежностью. Методы, основанные на анализе инфракрасных изображений кровеносных сосудов пальцев, ладони, запястья являются бесконтактными и имеют важные преимущества перед традиционными методами на основе отпечатков пальцев или ладони, радужной оболочки глаза и т. п. Эти методы не создают неудобств для пользователя, гигиеничны, весьма устойчивы к угрозам кражи, подмены и имитации. Системы контроля и управления доступом, банковские сервисы, платежные системы представляют собой наиболее перспективные области применения подобных методов, что свидетельствует об актуальности исследований, направленных на создание быстродействующих эффективных алгоритмов анализа изображений кровеносных сосудов. Успешность применения алгоритмов анализа изображений в большой степени зависит от эффективности их предварительной обработки. Работа посвящена разработке и исследованию алгоритма предварительной обработки инфракрасного изображения тыльной стороны кисти руки, получаемого сканированием при помощи видеокамеры с ИК-фильтром методом пропускания с подсветкой светодиодами в диапазоне длин волн около 850 нм. Результатом обработки является улучшенное полутоновое изображение выделенной области интереса в совокупности со скелетом венозной сети, на которой выделены характерные точки.

Ключевые слова: рисунок вен, биометрические признаки, идентификация, аутентификация, инфракрасное изображение, математическая морфология, скелетизация.

DOI: 10.17212/1727-2769-2019-4-54-62

Введение

В настоящее время широко применяются биометрические методы идентификации и аутентификации личности, основанные на сравнении отпечатков пальцев, геометрии лица или ладони, радужной оболочки глаза, голоса и ТПС образцами, имеющимися в базе данных. Наиболее широкое применение эти методы находят в системах контроля и управления доступом (СКУД). Большое внимание уделяется разработке технологий, обеспечивающих принятие решения за короткое время с высокой надежностью, при этом важно исключить (или максимально затруднить) возможность фальсификации предъявляемого образца. В этом смысле анализ изображений кровеносных сосудов пальца, ладони или запястья для биометрической идентификации личности имеет значительные преимущества перед традиционными методами. По сравнению, например, с анализом отпечатка пальца основными преимуществами технологии являются ее бесконтактный характер, слабая чувствительность к загрязнениям и порезам кожи, независимость от температуры, влажности и состояния кожи. Кроме того, при этом практически невозможна фальсификация образца путем кражи и последующей имитации [1, 2]. Некоторые банки уже включили рисунок вен в список биометрических параметров для аутентификации клиентов. В последнее время наблюдается рост популярности носимых электронных устройств, таких, как умные часы и фитнес-браслеты,

в том числе с технологией NFC (от англ. Near field communication), которая пригодна для бесконтактной оплаты покупок через терминалы магазинов. Для обеспечения безопасности платежей необходимо, чтобы расплачиваться мог только законный пользователь, для аутентификации которого может быть использован рисунок вен запястья, где и располагается устройство. Таким образом, разработка оборудования и программного обеспечения для анализа изображений кровеносных сосудов с целью идентификации и аутентификации личности представляется весьма актуальной.

1. Особенности идентификации на основе рисунка вен

Рисунок вен пальца, ладони и запястья обладает высокой степенью индивидуальности, являясь уникальной характеристикой личности [3]. Вены расположены под кожным покровом и плохо различимы невооруженным глазом. Обычно для получения изображения вен используется камера ближнего инфракрасного (ИК) диапазона (720...1100 нм) с соответствующей ИК-подсветкой. ИК-излучение с длинами волн 760...870 нм сильнее поглощается гемоглобином, присутствующим в венозной крови, и слабее – оксигемоглобином, имеющимся в артериях. В то же время вода, присутствующая в организме в большом количестве, имеет низкий коэффициент поглощения в данном диапазоне. В работе [4] для четырех оттенков кожи было показано, что для локализации подкожных вен наилучшие изображения можно получить в диапазоне 800...850 нм. В работе [5] было показано, что наибольший контраст между фоном и венами достигается при излучении с длиной волны 880...930 нм. В работе [6] утверждается, что излучение с пиком мощности при длине волны 940 нм обеспечивает наивысшее качество идентификации.

Известны два варианта получения изображений вен. Камера может воспринимать излучение, прошедшее через объект (метод пропускания, рис. 1, а) или отраженное от объекта (метод отражения, рис. 1, б). Для метода отражения характерны меньшие размеры устройства и меньшая мощность излучения. Считывающее устройство (сканер) состоит из камеры с ИК-фильтром и источника ИК-излучения. Фильтр применяется для повышения контрастности изображения.

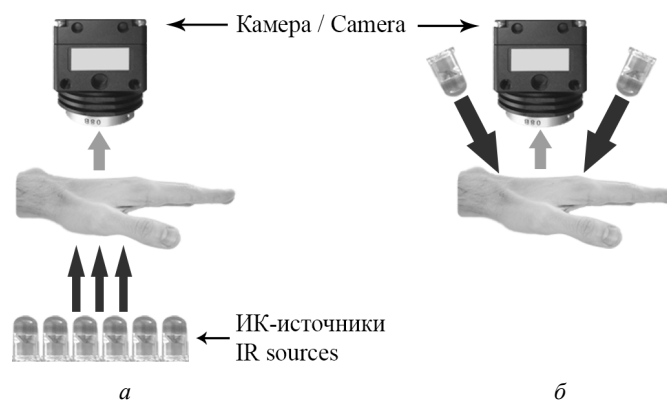


Рис. 1 – Методы пропускания (а) и отражения (б)

Fig. 1 – Methods of transmission (а) and reflection (б)

Для считывания изображения вен часто используются камеры с ПЗС-матрицами, реже – с КМОП-матрицами [7]. Критерием выбора являются светочувствительность камеры и уровень шума.

Процесс идентификации включает получение изображения, его предварительную обработку, анализ с целью выделения ключевых признаков, сравнение полученных признаков с признаками в базе данных пользователей и принятие решения. Целью является установление соответствия предъявленного образца некоторому набору признаков, имеющемуся в базе, либо решение об отсутствии такого соответствия. Далее пользователи, образцы признаков которых имеются в базе данных системы, называются законными пользователями (ЗП), а все остальные – незаконными пользователями (НП). В результате осуществления процесса идентификации могут быть приняты правильные или ошибочные решения. Правильные решения заключаются в идентификации законного пользователя как законного с предоставлением ему соответствующих прав либо в признании пользователя как НП с выдачей сообщения об этом. Возможны ошибочные решения двух родов: ошибка первого рода состоит в отказе законному пользователю в признании его таковым; ошибка второго рода заключается в предоставлении прав законного пользователя субъекту, не зарегистрированному в системе и являющемуся НП.

С точки зрения СКУД предъявление образца биометрических данных конкретного пользователя может рассматриваться как случайное событие, имеющее некоторую (априорную) вероятность. Принятие правильного или ошибочного решения ввиду наличия многих непредсказуемых обстоятельств, сопровождающих процедуру идентификации, также следует считать случайным событием, которому соответствуют условные вероятности правильных и ошибочных решений. В таком контексте построение алгоритма идентификации должно рассматриваться как задача синтеза правила проверки статистических гипотез на основе некоторого критерия оптимальности.

Гипотеза H_0 заключается в том, что предъявляемый образец (набор признаков) принадлежит ЗП, альтернативная гипотеза H_1 – в том, что предъявлен образец, которому нет соответствия в базе данных, и, следовательно, пользователь является незаконным. Априорные вероятности этих ситуаций обозначим соответственно p_0 и p_1 . Введем обозначения p_{01} и p_{10} для условных вероятностей ошибок первого и второго рода соответственно. Ошибки могут приводить к различным нежелательным последствиям, которые количественно описываются стоимостями потерь, или «штрафами» Π_{01} и Π_{10} соответственно. Тогда согласно критерию Байеса наилучшим будет алгоритм, обеспечивающий минимум среднего риска $R = p_0 p_{01} \Pi_{01} + p_1 p_{10} \Pi_{10}$. Однако часто на практике неизвестны априорные вероятности и не поддаются адекватной оценке потери при ошибочных решениях; в таких случаях применяют критерий Неймана–Пирсона, согласно которому правило считается оптимальным, если оно обеспечивает минимальную вероятность ошибки второго рода p_{10} при условии, что вероятность $p_{01} \leq \alpha$, где α – заданный уровень. В системах контроля и управления доступом последствия ошибки первого рода могут состоять в том, что законному пользователю придется подтвердить свои права другим способом (например, предъявив паспорт); ошибка второго рода может привести к значительному материальному и репутационному ущербу. Обоснованное назначение величин Π_{01} и Π_{10} в таких условиях может быть затруднено. Кроме того, определение априорных вероятностей гипотез для таких систем представляет собой трудную задачу. Таким образом, представляется целесообразным применение при построении алгоритма идентификации и при сравнении различных алгоритмов между собой критерия Неймана–Пирсона. Однако в литературе, посвященной биометрической идентификации, широко распространено сравнение алгоритмов по так называемой равной вероятности оши-

бок (ERR), что соответствует допущению о равных априорных вероятностях и одинаковых потерях при ошибочных решениях [1, 8]. В любом случае эффективность алгоритмов идентификации в большой степени определяется предварительной обработкой изображения, полученного от сканера, и выделением признаков.

С учетом природы анализируемых изображений венозной сети кисти руки наиболее информативными признаками для идентификации представляются признаки, основанные на выделении скелета изображения и его характерных точек [9, 10]. Настоящая работа посвящена разработке алгоритма предварительной обработки инфракрасного изображения и его анализа с целью выделения скелета, его характерных точек, а также компенсации факторов, мешающих идентификации. В работе использовались изображения, полученные методом пропускания на сканере, содержащем видеокамеру Canon CNE-CWC3 с КМОП-матрицей 0,3 Мп с инфракрасным фильтром (длина волны 850 нм) и подсветкой с помощью светодиодов.

2. Алгоритм предварительной обработки изображения

Предлагается эвристический алгоритм, построенный на основе анализа множества инфракрасных изображений венозной сети тыльной стороны ладони различных пользователей. Алгоритм выполняет две основные операции: 1) выделение области интереса и 2) выделение в пределах области интереса скелета венозной сети и определение на нем характерных точек. Получаемый в результате препарат может быть использован для идентификации или аутентификации на основе метрических характеристик (например, модифицированного расстояния Хаусдорфа [11]) или с применением методов теории графов.

Поскольку метод получения ИК-изображения является бесконтактным, то при сканировании кисти ее положение относительно сканера следует считать случайным. Для того, чтобы обеспечить возможность сравнения результата сканирования с образцом, хранящимся в базе, необходимо, чтобы оба образца содержали информацию об одном и том же участке венозной сети, ориентированном одинаковым образом. Поэтому требуется на исходном изображении, полученном сканированием кисти, выделить определенную область, соответствующую хранящимся в базе образцам. Для этого применяется подход, основанный на анализе контура ладони и привязке области интереса к определенным опорным точкам на контуре [10]. Такими точками считаются впадины контура ладони в основаниях пальцев (рис. 2).

Вначале выполняется пороговая бинаризация изображения кисти, затем находят первые и вторые моменты бинарного изображения, по которым определяются центр масс и направления осей эллипса, имеющего такие же вторые моменты. Изображение поворачивается так, чтобы главная ось была направлена вертикально. Далее по локальным минимумам расстояния от центра масс до контура бинарного изображения находятся две опорные точки (первая и третья). После этого из полутонового изображения кисти вырезается вертикально ориентированная прямоугольная область интереса размерами $A \times B$, которая подвергается дальнейшей обработке. Размеры области определяются эмпирически подобранными выражениями $A = 1.2l$, $B = 1.6l$, где l – расстояние между опорными точками.

К выделенной области интереса на полутоновом изображении применяется операция адаптивной эквализации (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE) [12], которая является подготовительной к пороговой бинаризации с целью выделения рисунка венозной сети. Затем выполняется фильтрация изобра-

ражения с целью ослабления шума и компенсации уровня фона. Для этого используется двумерный фильтр, маска которого приведена на рис. 3.

Следующим шагом является бинаризация изображения методом Оцу [13]. Цель этого шага – выделить структуру венозной сети. Результат бинаризации области интереса, показанной на рис. 2, приведен на рис. 4.

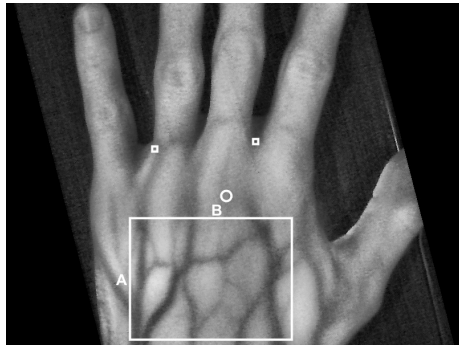


Рис. 2 – ИК-изображение кисти с выделенной областью интереса

Fig. 2 – An acquired sample of a hand IR image with a separated region of interest

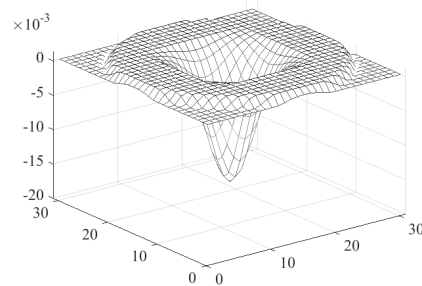


Рис. 3 – Маска фильтра

Fig. 3 – A filter mask



Рис. 4 – Результат бинаризации области интереса

Fig. 4 – The result of binarization of the region of interest



Рис. 5 – Результат морфологической «очистки»

Fig. 5 – The result of morphological “cleaning”

К полученному бинарному изображению применяются морфологические операции дилатации с целью заполнения небольших разрывов и последующего замыкания для удаления небольших областей, источником которых, скорее всего, является не полностью скомпенсированный шум полутонового изображения. Указанные операции выполняются при помощи структурного элемента в виде диска радиуса 3. После этого на бинарном изображении находятся связные области на основе окрестности Мура [14]; области, содержащие менее чем 250 точек, удаляются. Результат описанных действий (морфологической «очистки») показан на рис. 5.

Следующий шаг преследует цель получения скелета венозной сети – бинарного изображения, все линии которого имеют толщину в 1 пиксел. Для этого используется утончение [15]. Результатом является изображение, приведенное

на рис. 6. Завершающий шаг заключается в выделении на скелете характерных точек, которыми считаются точки пересечения, ветвления и окончания ветвей. На рис. 7 показано полутоновое изображение области интереса с нанесенными на него выделенными характерными точками.

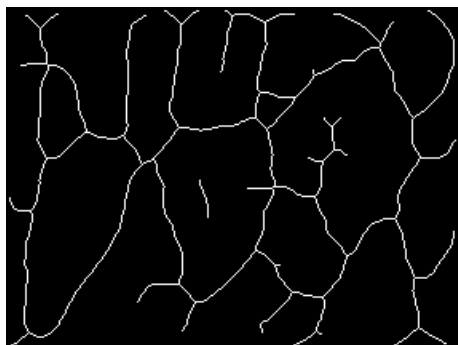


Рис. 6 – Скелет венозной сети

Fig. 6 – The skeleton of the venous network

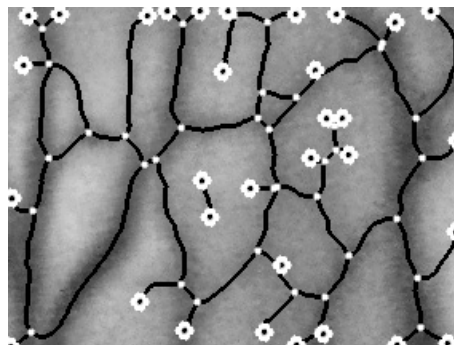


Рис. 7 – Результат выделения характерных точек

Fig. 7 – The result of feature points extraction of the vein pattern

Таким образом, предварительная обработка инфракрасного изображения кисти руки, полученного сканированием, сводится к выполнению следующих шагов:

- 1) получение от сканирующего устройства ИК-изображения и преобразование его в полутоновое;
- 2) выделение области интереса;
- 3) применение адаптивной эквализации CLAHE;
- 4) фильтрация изображения;
- 5) бинаризация методом Оцу;
- 6) морфологическая «очистка» бинарного изображения;
- 7) скелетизация методом утончения;
- 8) выделение характерных точек.

Заключение

Предложен эвристический алгоритм предварительной обработки инфракрасного изображения, получаемого сканированием тыльной стороны кисти руки с целью идентификации или аутентификации. В результате выполнения предлагаемого алгоритма получается препарат, который включает полутоновое изображение выделенной области интереса, а также его скелет и набор характерных точек. Предполагается, что в ходе дальнейших исследований будет разработан алгоритм идентификации (аутентификации), включающий следующие этапы: 1) сравнение предъявленного в результате сканирования образца с имеющимися в базе образцами на основе взаимного расположения характерных точек и их связности в скелете изображения (этот этап может быть выполнен относительно быстро и позволит отклонить пользователя в случае явного несходства его набора характерных точек с образцами, хранящимися в базе); 2) если в результате первого этапа пользователь не отклонен, выполняется более трудоемкий анализ с использованием полутонового изображения, содержащего информацию о форме и ширине сосудов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Wu Q., Kang W.** Contactless palm vein recognition using a mutual foreground-based local binary pattern // *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*. – 2014. – Vol. 9, N 11. – P. 1974–1985. – DOI: 10.1109/TIFS.2014.2361020.
2. **Hernández-García R., Barrientos R.J., Rojas C.** Individuals identification based on palm vein matching under a parallel environment // *Applied Sciences*. – 2019. – Vol. 9, N 14. – P. 2805. – DOI: 10.3390/app9142805.
3. **Jain A.K., Bolle R., Pankanti S.** *Biometric: Personal identification in networked society*. – Boston: Kluwer, 1999. – 411 p.
4. Hyperspectral venous image quality assessment for optimum illumination range selection based on skin tone characteristics / A. Shahzad, M.N. Saad, N. Walter, A.S. Malik, F. Meriaudeau // *BioMedical Engineering OnLine*. – 2014. – Vol. 13, N 109. – P. 1–13. – DOI: 10.1186/1475-925X-13-109.
5. Infrared imaging of subcutaneous veins / V.P. Zharov, S. Ferguson, J.F. Eidt, P.C. Howard, L.M. Fink, M. Waner // *Lasers in Surgery and Medicine*. – 2004. – Vol. 34, N 1. – P. 56–61. – DOI: 10.1002/lsm.10248.
6. Contact-free palm-vein recognition based on local invariant features / W. Kang, Y. Liu, Q. Wu, X. Yue // *PLoS ONE*. – 2014. – Vol. 9, N 5. – P. 1–12. – DOI: 10.1371/journal.pone.0097548.
7. **Sontakke B.M., Humbe V.T., Yannawar P.L.** Dorsal hand vein authentication system: a review // *Journal of Scientific Research and Development*. – 2017. – Vol. 6, N 5. – P. 511–514.
8. **Crisan S.** A novel perspective on hand vein patterns for biometric recognition: problems, challenges, and implementations // *Biometric security and privacy, opportunities & challenges in the big data era*. – Cham: Springer, 2017. – P. 424. – DOI: 10.1007/978-3-319-47301-7.
9. Finger-vein image recognition combining modified hausdorff distance with minutiae feature matching / C.B. Yu, H.F. Qin, Y.Z. Cui, X.Q. Hu // *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences*. – 2009. – Vol. 1, N 4. – P. 280–289. – DOI: 10.1007/s12539-009-0046-5.
10. **Wang L., Leedham G., Cho D.S.Y.** Minutiae feature analysis for infrared hand vein pattern biometrics // *Pattern Recognition Society*. – 2007. – Vol. 3, N 41. – P. 920–929. – DOI: 10.1016/j.patcog.2007.07.012.
11. **Dubuisson M.P., Jain A.K.** A modified Hausdorff distance for object matching // *Proceedings of the 12th IAPR International Conference on Pattern Recognition*. – 1994. – Vol. 1. – P. 566–568. – DOI: 10.1109/icpr.1994.576361.
12. **Zuiderveld K.** Contrast limited adaptive histogram equalization // *Graphics Gems IV*. – Boston: Academic Press Professional, 1994. – P. 474–485.
13. **Otsu N.** A threshold selection method from gray-level histograms // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1979, vol. 9, N 1. – P. 62–66. – DOI: 10.1109/tsmc.1979.4310076.
14. **Gray L.A.** Mathematician looks at Wolfram's New Kind of Science // *Notices of the AMS*. – 2003. – Vol. 50, N 2. – P. 200–211.
15. **Gonzalez R.C., Woods R.E.** *Digital image processing*. – 2nd ed. – New Jersey: Prentice Hall, 2002. – 795 p.

PREPROCESSING OF DORSAL PALM VEIN IR IMAGES FOR PERSON IDENTIFICATION

Vasyukov V.N., Morozov K.S.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

The structure of blood vessels is a prospective biometric characteristic of an individual. It is used to identify and authenticate a person with high reliability. Methods based on the analysis of infrared images of vein patterns of fingers, palms, wrists are contactless and have important advantages over traditional methods based on fingerprints or palms, iris, etc. These methods are

hygienic, very resistant to theft, spoofing and imitation threats. Access control systems, bank services, and payment systems are the most promising applications of such methods. It indicates the relevance of research aimed at creating high-speed effective algorithms for the analysis of vein pattern images. Preprocessing is one of the most important steps leading to a success in the analysis of images. Our work presents the development and study of a preprocessing algorithm of infrared image of the back side of the hand obtained by scanning with an IR filter camera. LED illumination at wavelengths around 850 nm and the transmission method are used. The preprocessing result is an improved grayscale image of the selected region of interest and the skeleton of the venous network, on which characteristic points are marked.

Keywords: Biometrics, vein pattern recognition, person identification, skeleton, mathematical morphology, feature extraction.

DOI: 10.17212/1727-2769-2019-4-54-62

REFERENCES

1. Wu Q., Kang W. Contactless palm vein recognition using a mutual foreground-based local binary pattern. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 2014, vol. 9, no. 11, pp. 1974–1985. DOI: 10.1109/TIFS.2014.2361020.
2. Hernández-García R., Barrientos R.J., Rojas C. Individuals identification based on palm vein matching under a parallel environment. *Applied Sciences*, 2019, vol. 9, no. 14, p. 2805. DOI: 10.3390/app9142805.
3. Jain A.K., Bolle R., Pankanti S. *Biometric: Personal identification in networked society*. Boston, Kluwer, 1999. 411 p.
4. Shahzad A., Saad M.N., Walter N., Malik A.S., Meriaudeau F. Hyperspectral venous image quality assessment for optimum illumination range selection based on skin tone characteristics. *BioMedical Engineering OnLine*, 2014, vol. 13, no. 109, pp. 1–13. DOI: 10.1186/1475-925X-13-109.
5. Zharov V.P., Ferguson S., Eidt J.F., Howard P.C., Fink L.M., Waner M. Infrared imaging of subcutaneous veins. *Lasers in Surgery and Medicine*, 2004, vol. 34, no. 1, pp. 56–61. DOI: 10.1002/lsm.10248.
6. Kang W., Liu Y., Wu Q., Yue X. Contact-free palm-vein recognition based on local invariant features. *PLoS ONE*, 2014, vol. 9, no. 5, pp. 1–12. DOI: 10.1371/journal.pone.0097548.
7. Sontakke B.M., Humbe V.T., Yannawar P.L. Dorsal hand vein authentication system: a review. *Journal of Scientific Research and Development*, 2017, vol. 6, no. 5, pp. 511–514.
8. Crisan S. A novel perspective on hand vein patterns for biometric recognition: problems, challenges, and implementations. *Biometric security and privacy, opportunities & challenges in the big data era*. Cham, Springer, 2017, p. 424. DOI: 10.1007/978-3-319-47301-7.
9. Yu C.B., Qin H.F., Cui Y.Z., Hu X.Q. Finger-vein image recognition combining modified hausdorff distance with minutiae feature matching. *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences*, 2009, vol. 1, no. 4, pp. 280–289. DOI: 10.1007/s12539-009-0046-5.
10. Wang L., Leedham G., Cho D.S.Y. Minutiae feature analysis for infrared hand vein pattern biometrics. *Pattern Recognition Society*, 2007, vol. 3, no. 41, pp. 920–929. DOI: 10.1016/j.patcog.2007.07.012.
11. Dubuisson M.P., Jain A.K. A modified Hausdorff distance for object matching. *Proceedings of the 12th IAPR International Conference on Pattern Recognition*, 1994, vol. 1, pp. 566–568. DOI: 10.1109/icpr.1994.576361.
12. Zuiderveld K. Contrast limited adaptive histogram equalization. *Graphics Gems IV*. Boston, Academic Press Professional, 1994, pp. 474–485.
13. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1979, vol. 9, no. 1, pp. 62–66. DOI: 10.1109/tsmc.1979.4310076.
14. Gray L.A. Mathematician looks at Wolfram's New Kind of Science. *Notices of the AMS*, 2003, vol. 50, no. 2, pp. 200–211.
15. Gonzalez R.C., Woods R.E. *Digital image processing*. 2nd ed. New Jersey, Prentice Hall, 2002. 795 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Васюков Василий Николаевич – родился в 1951 году, д-р техн. наук, профессор, заведующий отделом научных исследований, Новосибирский государственный технический университет. Область научных интересов: цифровая обработка и статистический анализ сигналов и изображений. Опубликовано более 140 научных работ. (Адрес: 630092, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: vasyukov@corp.nstu.ru).

Vasyukov Vasily Nikolaevich (b. 1951) – Doctor of Sciences (Eng.), professor, head of the scientific research department, Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on digital signal and image processing and analysis. He is the author of over 140 research papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: vasyukov@corp.nstu.ru).



Морозов Константин Станиславович – родился в 1993 году, аспирант, факультет радиотехники и электроники, Новосибирский государственный технический университет. Область научных интересов: цифровая обработка изображений. Опубликовано 8 научных работ. (Адрес: 630092, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: k.morozov.2010@corp.nstu.ru).

Morozov Konstantin Stanislavovich (b. 1993) – a postgraduate at the Radio Engineering and Electronics Faculty, Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on digital image processing. He is the author of 8 research papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia. E-mail: k.morozov.2010@corp.nstu.ru).

*Статья поступила 13 ноября 2019 г.
Received November 13, 2019*

To Reference:

Vasyukov V.N., Morozov K.S. Predvaritel'naya obrabotka infrakrasnogo izobrazheniya krovenosnykh sosudov kisti dlya identifikatsii lichnosti [Preprocessing of dorsal palm vein IR images for person identification]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2019, no. 4 (45), pp. 54–62. DOI: 10.17212/1727-2769-2019-4-54-62.