

М. В. Секретов

ПАРАМЕТРЫ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФРАКРАСНОЙ ПОДСВЕТКИ В БИОМЕТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ ПОЛУЧЕНИЯ РИСУНКА КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ ЛАДОНИ¹

М. V. Sekretov

PARAMETERS INFRARED BACKLIGHT INTEGRATED IN BIOMETRIC DEVICES TO OBTAINING THE PATTERN OF THE BLOOD VESSELS

А н н о т а ц и я. *Актуальность и цели.* Объектом исследования является инфракрасное излучение (ИК-излучение) ближнего диапазона, проникающее в подкожный слой ладони человека и поглощаемое кровью. Предметом исследования являются способы реализации ИК-подсветки поверхности ладони в составе биометрического устройства, разрабатываемого для получения рисунка кровеносных сосудов, находящихся в подкожном слое ладони человека. Целью работы является определение оптимальных светотехнических параметров ИК-подсветки и расчет ее конструкции для выделения биометрических особенностей рисунка кровеносных сосудов ладони человека. *Материалы и методы.* Для получения изображений кровеносных сосудов ладони использовалась черно-белая мегапиксельная камера. Выделение рисунка кровеносных сосудов ладони осуществлялось с помощью методов цифровой обработки изображений. *Результаты.* Предложена реализация интегрированной ИК-подсветки в биометрическом устройстве за счет размещения ИК-диодов с длиной волны около 850 нм по кругу от объектива. Определены оптимальные светотехнические параметры ИК-подсветки путем расчета освещенности поверхности ладони. Экспериментально подтверждено, что при работе интегрированной ИК-подсветки становится возможной фотофиксация подкожных кровеносных сосудов ладони. *Выводы.* Размещение ИК-диодов по кругу от объектива позволяет сделать биометрическое устройство малогабаритным, а освещение поверхности ладони равномерным. За счет проникающих свойств ИК-излучения ближнего диапазона хорошо выделяется структура кровеносных сосудов, находящихся в подкожном слое ладони человека.

A b s t r a c t. *Background.* The object of research is the infrared radiation passing range, penetrating into the subcutaneous layer of human hands and absorbed by the blood. The subject of research are the ways of realization of infrared backlight surface of the palm of your hand as part of the biometric device, developed to obtain the pattern of the blood vessels located in the subcutaneous layer of the human hand. The purpose of work is to determine the optimum parameters of infrared backlight and calculation of its design to extract the features of the biometric pattern of the blood vessels of the human hand. *Materials and methods* For blood vessels palm images used black and white megapixel camera. Allocation pattern of blood vessels palm was carried out using methods of digital image processing. *Results* A realization of the integrated infrared backlight in biometric devices through the placement of the IR diodes with a wavelength of about 850 nm in a circle on the lens. Defined the optimum parameters of infrared backlight by calculating illumination the surface of the palm. Experiments confirmed that when

¹ Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы в соответствии с договором № 6702ГУ2015 от 14 июня 2015 г. о предоставлении гранта Федеральным государственным бюджетным учреждением «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».

using the infrared backlight becomes possible photographic images of subcutaneous blood vessels palm. *Conclusions* Placing the IR diodes in a circle on the lens allows you to make small-sized biometric device and the surface of the palm lighting uniform. By penetrating properties of the near infrared light is well distinguished structure of the blood vessels located in the subcutaneous layer of the human hand.

К л ю ч е в ы е с л о в а: биометрия, биометрическое устройство, кровеносные сосуды ладони, инфракрасная подсветка, освещенность, световой поток, чувствительность.

К е y w o r d s: biometric, biometric device, palm blood vessels, infrared backlight, luminosity, light flow, sensitivity.

Введение

Для считывания биометрических характеристик многие устройства и системы требуют непосредственного контакта с человеком. Например, для идентификации по отпечатку пальца необходимо приложить палец к датчику. Это создает неудобства для пользователей при эксплуатации биометрических систем. Кроме того, отпечатки пальцев остаются на поверхностях предметов, а значит – могут быть скопированы и несанкционированно использованы [1, 2]. В этой связи бесконтактные методы считывания биометрических характеристик человека являются более удобными и надежными.

В настоящее время в мире распространяются биометрические системы бесконтактной идентификации человека по кровеносным сосудам ладони. На отечественном рынке биометрических устройств представлены только разработки японской компании Fujitsu, которая не раскрывает деталей собственной технологии получения и анализа рисунка кровеносных сосудов ладони [3–5].

Известно, что с помощью ближнего инфракрасного (ИК) излучения удастся бесконтактным способом получить изображение позиций кровеносных сосудов ладони, независящее от температуры окружающей среды и температуры самого человека. Основными частями конструкции биометрического устройства будут светочувствительный сенсор, объектив, оптический фильтр и ИК-подсветка на основе светодиодов с ИК-излучением ближнего диапазона [6].

Существует два основных метода получения рисунка кровеносных сосудов ладони. Первый метод основан на пропускании ИК-излучения через ладонь [7]. Второй метод основан на отражении ИК-света. Первый метод требует установки источника ИК-излучения с тыльной стороны ладони, из-за чего устройства, его использующие, получаются большого размера. Во втором методе источник ИК-света размещается со стороны ладони, благодаря чему устройства получаются меньшего размера, чем при первом методе.

В условиях малой освещенности достаточно сложно добиться хорошей чувствительности видеокамеры и, как следствие, качества изображения. Освещенность объекта наблюдения также не должна быть выше максимальной рабочей освещенности для светочувствительной матрицы. Правильный расчет конструкции ИК-подсветки при разработке устройства позволит повысить контрастность распознаваемого рисунка кровеносных сосудов и выделить его особенности на фоне изображения. Протекающая в сосудах кровь будет поглощать проникающее ИК-излучение, за счет чего сосуды на изображениях будут темнее относительно тканей подкожного слоя [8–10]. ИК-подсветка поверхности ладони расширит диапазон яркостей изображения, который оказывается важен при работе алгоритмов предварительной обработки и вычисления биометрических параметров, во многом зависящих от качества получаемого биометрическим устройством изображения. Поэтому при получении рисунка кровеносных сосудов ладони важной задачей является определение оптимальных светотехнических параметров ИК-подсветки.

Определение и расчет параметров интегрированной инфракрасной подсветки

В качестве основных светотехнических характеристик ИК-подсветки можно выделить следующие:

- потребляемая мощность;
- мощность излучения;
- световой поток;

- площадь светового пятна;
- угол излучения (градусы);
- длина волны излучения;
- максимальная дальность подсветки, в метрах (расстояние до освещаемого объекта);
- освещенность в плоскости объекта;
- освещенность светочувствительной матрицы.

В основном все биометрические устройства подключаются к USB-порту персонального компьютера, через который осуществляется передача данных, а также питание от источника напряжением +5 В. Для гарантированной работы устройств ток через USB-порт должен быть менее 500 мА. Ток потребления сканера кровеносных сосудов ладони будет складываться из тока потребления платы видеозахвата, содержащей светочувствительный сенсор, и тока потребления светодиодами ИК-подсветки. Как правило, платы видеозахвата, имеющие USB-интерфейс, потребляют около 200 мА. Следовательно общий ток потребления светодиодами ИК-подсветки должен быть не более 300 мА. Стоит отметить, что в устройство получения рисунка кровеносных сосудов ладони для более точной фокусировки особенностей может быть встроен датчик измерения расстояния до поверхности ладони, который несколько увеличивает ток потребления устройством.

В табл. 1 представлены основные характеристики некоторых ИК-диодов, полученные из технической документации на них.

Таблица 1

ИК-диод	Размер, мм	Длина волны, нм	Угол рассеивания, градусы	Мощность, мВт	Мощность излучения, мВт на стерадиан
L-34SF7C	3	850	50	80 (макс.)	18 (тип.)
L-34SF6C	3	860	50	80 (макс.)	18 (тип.)
L-34SF4C	3	880	50	80 (макс.)	18 (тип.)
L-7113SF7C	5	850	20	80 (макс.)	40 (тип.)
L-7113F3C	5	940	20	100 (макс.)	20 (тип.)
L-7113SF4C	5	880	20	100 (макс.)	20 (тип.)
SFH 4550	5	850	3	180 (макс.)	400 (мин.)

ИК-излучение с длинной волны от 800 нм поглощается оксигемоглобином и дезоксигемоглобином, содержащимися в крови практически в одинаковой степени. Согласно технической документации ИК-диоды L-7113SF7C имеют типовую мощность излучения 40 мВт/стерадиан и полный угол излучения 20° в диапазоне 800–900 нм с максимальной мощностью излучения на длине волны 850 нм.

Важно не допустить быстрого перегрева ИК-диодов и выхода их из строя, поэтому необходимо, чтобы прямой ток через ИК-диод был не более 20 мА, а прямое напряжение – не более 1,4 В. Снизить нагрев ИК-диодов можно путем сокращения продолжительности работы подсветки, т.е. включать ИК-диоды только в момент фотофиксации рисунка кровеносных сосудов ладони.

Очевидно, что только с помощью одного ИК-диода нельзя получить достаточно равномерное освещение поверхности ладони. Плата видеозахвата, отвечающая за формирование изображения, так же как источник ИК-света, должны быть размещены со стороны ладони, поэтому целесообразно разместить ИК-диоды по кругу от объектива, например так, как показано на рис. 1.

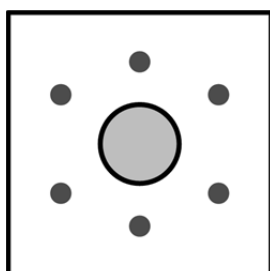


Рис. 1. Размещение шести ИК-диодов по кругу от объектива

Такое размещение ИК-диодов дает источник излучения с полным углом излучения θ . На рис. 2 показан полный угол излучения, образованный ИК-диодами, размещенными по кругу от объектива.

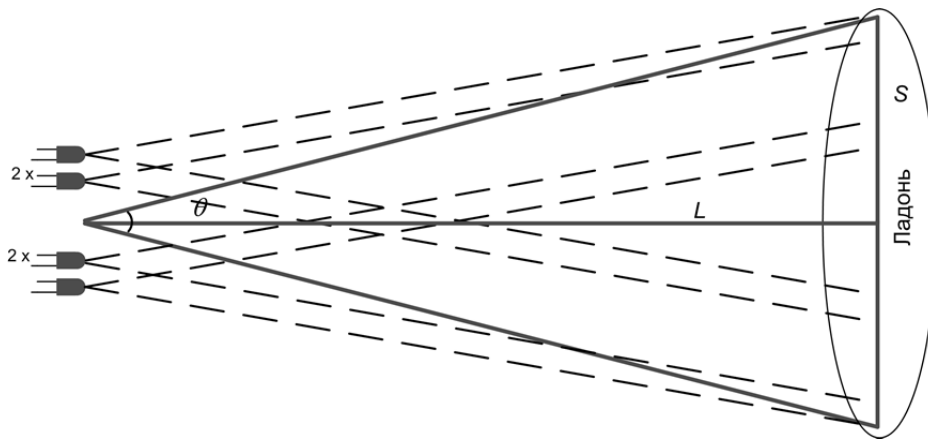


Рис. 2. Полный угол источника ИК-излучения, применяемого для фотофиксации подкожных кровеносных сосудов ладони

Классически показатели силы света и светового потока рассчитываются с учетом чувствительности человеческого глаза к различным длинам волн, однако ИК-излучение полностью невидимо для человеческого глаза. Тем не менее ИК-излучение воспринимается ПЗС-матрицами, следовательно для определения освещенности в ближнем ИК-диапазоне возможно использование классических характеристик и единиц измерения. Это связано с тем, что практически для всей видеоаппаратуры в качестве параметра чувствительности берется единица измерения люкс (лк).

Площадь светового пятна круглой формы, образованного световым пучком, определяется исходя из полного угла подсветки и расстояния до поверхности ладони:

$$S = \pi(L \operatorname{tg}(\theta / 2))^2,$$

где S – площадь светового пятна на поверхности ладони (м); θ – полный угол подсветки (градусы).

Освещенность поверхности ладони определим по формуле

$$E_{\text{объекта}} = \frac{\Phi}{S} = \frac{683 P_{\text{опт}}}{\pi(L \operatorname{tg}(\theta / 2))^2},$$

где Φ – световой поток (лм); S – площадь светового пятна на поверхности ладони (м²); $P_{\text{опт}}$ – оптическая мощность, излучаемая ИК-подсветкой (Вт); θ – полный угол подсветки (градусы).

Оптическую мощность $P_{\text{опт}}$, излучаемую ИК-подсветкой, определим по формуле

$$P_{\text{опт}} = P_{\text{потр}} \eta,$$

где $P_{\text{потр}}$ – мощность, потребляемая ИК-подсветкой (Вт); η – КПД или эффективность преобразования (для ИК-диодов реальное среднее значение – 0,05–0,15, т.е. 5–15 %).

Освещенность, получаемая в плоскости светочувствительной матрицы, будет зависеть от чувствительности видеокамеры, коэффициентов пропускания объектива и отражения от объектива. Освещенность матрицы будет отличаться от освещенности поверхности ладони, которая может быть до 20 раз выше. Освещенность светочувствительной матрицы определим по формуле

$$E_{\text{м}} = E_{\text{объекта}} K_{\lambda} K_a P \left(\frac{1}{4F^2} \right),$$

где K_λ – спектральная чувствительность видеокамеры; K_a – коэффициент пропускания объектива (обычно принимается 0,8–0,85); p – коэффициент отражения от объектива (обычно принимается 0,75); F – число объектива.

При расчете характеристик источника ИК-излучения примем полный угол подсветки θ равным 30° . В табл. 2 содержатся результаты расчетов освещенности поверхности ладони, находящейся на расстоянии от 0,1 до 0,2 м от источника ИК-излучения, в качестве которого выступает плата с установленными ИК-диодами L-7113SF7C, излучающими в диапазоне 800–900 нм с максимальной мощностью излучения на длине волны 850 нм.

Таблица 2

Расстояние до объекта, м	Полный угол, град.	Площадь светового пятна, м ²	Световой поток, лм	Освещенность ладони, лк	Освещенность матрицы, лк
0,1	30	0,002	9	4161	85
0,15	30	0,005	9	1849	38
0,2	30	0,009	9	1000	21

Кроме ИК-диодов L-7113SF7C, на плату должны быть установлены резисторы 220 Ом для обеспечения требуемого значения тока. Мощность потребления подсветки получилась равной

$$P_{\text{потр}} = U_{\text{П}} I_{\text{П}} \cdot 6 = 1,4 \cdot 16,4 \cdot 10^{-3} \cdot 6 = 138 \text{ (мВт)}.$$

На рис. 3 представлены изображение ладони, полученное при работе ИК-подсветки, и результат выделения рисунка кровеносных сосудов ладони с помощью алгоритмов предварительной обработки изображения.

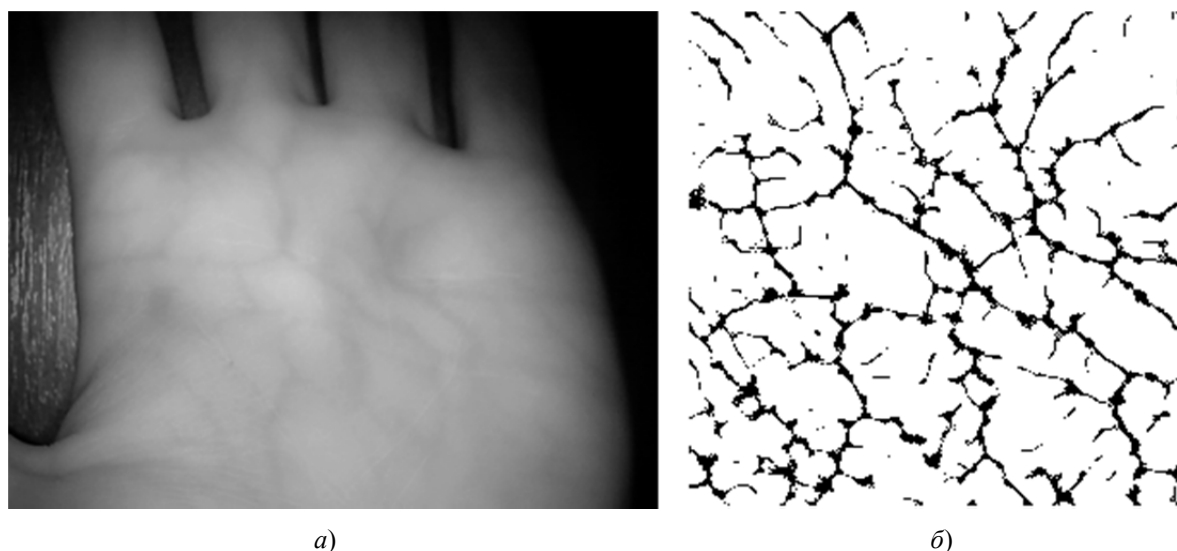


Рис. 3. Выделение рисунка кровеносных сосудов ладони при работе ИК-подсветки:
а – исходное изображение ладони; б – результат предобработки

Заключение

При разработке биометрического устройства фотофиксации подкожных кровеносных сосудов ладони с использованием метода отражения ИК-излучения в качестве его источника могут быть применены ИК-диоды с длинной волны 850 нм, интегрированные в корпус устройства видеозахвата. Данное конструктивное решение позволит сделать устройство малогабаритным, а освещение поверхности ладони равномерным.

Для фотофиксации целесообразнее использовать черно-белые мегапиксельные камеры, так как они обладают более высокой чувствительностью. При рабочей освещенности около 2000 лк и расстоянии до ладони 0,15 м хорошо выделяется структура кровеносных сосудов. Можно сделать вывод, что размещение шести ИК-диодов L-7113SF7C по кругу от объектива

камеры создает достаточную освещенность и условия для получения рисунка кровеносных сосудов, находящихся в подкожном слое ладони человека.

Полученные результаты и владение биометрико-нейросетевой технологией позволяют АО «ПНИЭИ» запустить производство отечественных биометрических систем аутентификации и идентификации личности по рисунку кровеносных сосудов ладони, полностью заменив зарубежную продукцию на рынке.

Список литературы

1. Руководство по биометрии : пер. с англ. / Руд Болл, Джонатан Х. Коннел, Шарат Панканти, Налини К. Ратха, Сеньор Эндрю У. – Москва : Техносфера, 2007. – 368 с.
2. Нейросетевая защита персональных биометрических данных / Ю. К. Язов, В. И. Волчихин, А. И. Иванов, В. А. Фунтиков, И. Г. Назаров. – М. : Радиотехника, 2012. – 157 с.
3. Секретов, М. В. Нейросетевое преобразование рисунка кровеносных сосудов ладони человека в код доступа для систем биометрической аутентификации / М. В. Секретов // Проблемы автоматизации и управления в технических системах : труды Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Пенза : Из-во ПГУ, 2015. – Т. 1. – С. 180–183.
4. Секретов, М. В. Нейросетевая защита рисунка подкожных кровеносных сосудов ладони без гомоморфного шифрования биометрических данных / М. В. Секретов, А. В. Майоров // Безопасность информационных технологий : труды науч.-техн. конф. – Пенза, 2014. – Т. 9. – С. 83–86.
5. Урнев, А. С. Кодировка изображений сетевидных структур для биометрической идентификации / А. С. Урнев // Проблемы автоматизации и управления в технических системах : труды Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Пенза : Из-во ПГУ, 2015. – Т. 1. – С. 186–190.
6. A Contactless Biometric System Using Palm Print and Palm Vein Features / Goh Kah Ong Michael, Tee Connie, Andrew Beng Jin Teoh // Advanced Biometric Technologies, Dr. Girija Chetty, 2011. – URL: <http://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/a-contactless-biometric-system-using-palm-print-and-palm-vein-features> (дата обращения: 02.03.2016).
7. Тихонов, И. А. Морфометрия изображений сосудистого русла в ИК области / И. А. Тихонов, А. А. Хрулев, И. Н. Спиридонов // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2006. – № 10. – С. 27–31.
8. Пономаренко, Г. Н. Биофизические основы физиотерапии : учеб. пособие / Г. Н. Пономаренко, И. И. Турковский. – М. : Медицина, 2006. – 176 с.
9. Лазеры в клинической медицине : руководство / под ред. проф. С. Д. Плетнева. – М. : Медицина, 1996. – 428 с.
10. Морган-мл., Дж. Эдвард Клиническая анестезиология : пер. с англ. / Дж. Эдвард Морган-мл., Мэгид С. – Изд. 2-е, испр. – М. ; СПб. : БИНОМ – Невский Диалект, 2001. – Кн. 1. – 396 с.

Секретов Максим Валентинович

кандидат технических наук,
научный сотрудник,
лаборатория биометрических
и нейросетевых технологий,
Пензенский научно-исследовательский
электротехнический институт
(Россия, г. Пенза, ул. Советская, 9)
E-mail: maxims7@mail.ru

Sekretov Maksim Valentinovich

candidate of technical sciences, researcher,
laboratory of biometric technology
and neural network,
Penza Research Electrotechnical Institute
(9 Sovetskaya street, Penza, Russia)

УДК 57.087.1, 621.38, 612.11

Секретов, М. В.

Параметры интегрированной инфракрасной подсветки в биометрических устройствах получения рисунка кровеносных сосудов ладони / М. В. Секретов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2016. – № 2 (16). – С. 138–143.