

УДК 621.397.4: 681.772.7

И.Н. Пустынский, А.Н. Дементьев, Н.И. Мищенко, Е.В. Зайцева

Методы и средства формирования и обработки изображения переднего отдела глаза

Выполнен анализ методов, приборов и систем ириодиагностики и идентификации личности человека. Предложены способы и средства определения комплексных признаков и параметров конъюнктивы и радужной оболочки глаза, позволяющие повысить достоверность и точность диагностики заболеваний и идентификации личности. Приведена структурная схема аппаратно-программной телевизионной системы для измерения биометрических характеристик изображения переднего отдела глаза.

Ключевые слова: изображение глаза, конъюнктура, радужная оболочка, диагностика, идентификация.

В настоящее время биометрические технологии, биомедицинская информация и биометрия находят широкое применение. Большое значение имеет поиск надёжных и достоверных методов и средств биометрических технологий, к которым относятся и системы идентификации личности и диагностики заболеваний по характеристикам и параметрам переднего сегмента глазного яблока. Использование новых инструментов, устройств и технологий визуализации, мониторинга, контроля и измерения параметров глазного яблока трудно переоценить. Создание изображений анатомического строения глаза, как и других органов человека, является фундаментальным для диагностики и лечения заболеваний. Качество и полнота полученной видеoinформации напрямую зависят от способа и средств формирования и обработки изображений радужной оболочки и бульбарной конъюнктивы – слизистой оболочки, выстилающей видимую поверхность переднего отдела глаза. Причины ухудшения качества изображений могут быть связаны с низким контрастом, освещённостью наблюдаемого объекта интереса радужки и конъюнктивы и высоким уровнем шумов и помех окружающего фона. Дополнительная обработка биомедицинской видеoinформации необходима также для устранения искажений, возникающих в процессе преобразования и формирования изображения переднего отдела глаза.

Глаз содержит глазное яблоко, состоящее из внутреннего ядра и окружающих его наружной, средней и внутренней оболочек. Наиболее информативной является средняя оболочка, в состав которой входит передняя оболочка – радужка в форме кольца с отверстием в центре – зрачком и бульбарная конъюнктура. По структуре, виду, размерам, форме, цвету рисунков радужки, информативным параметрам сосудистой сети конъюнктивы и другим признакам и биометрическим характеристикам объектов интереса можно получить большой объём информации и видеоданных, необходимых как для диагностики заболеваний, так и для идентификации личности человека. В настоящее время хорошо развита иридология – наука о распознавании патологических изменений в организме в результате исследования структуры и иридознаков радужки [1]. Цвет, общие, секторные и локальные изменения структурных знаков радужки играют большую роль в ириодиагностике и идентификации личности человека. Ириодиагностику отличают высокая информативность, возможность оценки эффективности терапии и лечения заболеваний, раннего обнаружения многих патологических отклонений и предотвращения заболеваний в начальной стадии [2]. Целью работы является анализ методов, приборов и средств ириодиагностики и идентификации и разработка способов и устройств, позволяющих повысить достоверность и точность диагностики заболеваний и идентификации личности человека в результате использования предлагаемых комплексных биометрических характеристик, признаков и информативных параметров изображения радужки и конъюнктивы, входящих в состав переднего отдела глаза.

Оптико-механические приборы диагностики и идентификации. Диагностика заболеваний и идентификации личности человека по характеристикам и параметрам конъюнктивы глаза может выполняться визуально и с помощью различных приборов. Основными методами ириодиагностики являются осмотр радужки – иридоскопия, регистрация результатов иридоскопии на фотопленку – иридофотография или на видеопленку – иридовидеография. Для получения информации о характе-

ристикмах локальной области или наиболее грубых структурных знаков вначале выполняется осмотр и анализ при меньшем увеличении изображения радужки, а после перехода на большое увеличение проводится более точная оценка параметров малоразмерных знаков и других объектов интереса. В результате вначале оценивается состояние всего организма в целом на системном уровне, а затем определяется состояние отдельных органов на тканевом уровне. Для визуального осмотра радужки и иридодиагностики используются лупы и микроскопы различного увеличения, иридологические лампы с подсветкой и иридооскопы – специальные приборы, состоящие из увеличительных стекол и источников света, которые позволяют детально исследовать радужную оболочку глаза [2]. В настоящее время для диагностики заболеваний и идентификации личности человека кроме иридооскопов применяются устройства наблюдения радужной оболочки глаза на основе сканеров. Для формирования изображения радужки, регистрации и занесения видеoinформации в базу данных вычислительного модуля используется, например, сканер «Циркон», который применяется и для распознавания личности человека по радужной оболочке глаза.

Компания Panasonic производит считыватель радужной оболочки VM-ET200. Он может применяться в качестве отдельного изолированного устройства, передавая информацию через встроенный порт USB для ее последующей обработки и сохранения видеоданных. В панель устройства VM-ET200 вмонтировано два зеркала для совмещения и выравнивания положения глаз проверяемого человека относительно зоны считывания изображения. Если считывание пройдет неудачно, то процедура сканирования должна повторяться снова. Использование в качестве датчиков изображений луп и микроскопов с движущимися оптическими зеркалами не позволяет измерять информативные параметры малоразмерных объектов интереса конъюнктивы с высокой точностью, разрешающей способностью и производительностью.

Применяемые в настоящее время сканеры и другие оптико-механические устройства являются довольно громоздкими, требуют больших аппаратных и временных затрат при смене наблюдаемого объекта интереса и масштаба изображения радужной оболочки. Для повышения точности и достоверности систем иридодиагностики и идентификации на базе микроскопов в датчике изображений кроме микроскопа может дополнительно использоваться видеокамера. Увеличенное с помощью микроскопа изображение радужки поступает на видеокамеру, которая может записывать изображение и передавать его на видеопроцессоры и другие аппаратно-программные средства цифровой обработки, где с помощью специализированных программ оно обрабатывается, выделяются нужные области или объекты интереса, показываются зоны отклонения и изменения информативных параметров и отличительных признаков. Такая система диагностики и идентификации имеет преимущества по сравнению с иридооскопами в точности измерения информативных параметров, достоверности диагноза заболевания и идентификации личности человека. Однако такой метод и система иридодиагностики и идентификации сложны, имеют недостатки, вызванные применением микроскопов и других оптико-механических увеличительных систем, как и при использовании в качестве датчиков сигналов и изображений иридооскопов и сканеров.

Системы диагностики и идентификации на основе видеокамер. Наиболее широко возможности методов и средств на основе видеокамер используются и применяются в офтальмологии, что обусловлено прозрачностью оптических сред наружной поверхности глазного яблока. Высокое разрешение и получение большого объема полезной видеoinформации дает возможность увеличить достоверность распознавания и точность измерения параметров объектов интереса конъюнктивы. Применение устройств формирования изображений конъюнктивы на основе видеокамер позволяет диагностировать тонкие изменения структуры сосудов бульбарной конъюнктивы и рисунков радужки, которые лежат вне пределов разрешения оптико-механических методов исследования и невидимы при офтальмоскопии – ручном осмотре глаза. Фундус-камеры, используемые для диагностических целей, можно применять и для визуального наблюдения и регистрации изображения глазного яблока. Способ возможного использования цифровой фундус-камеры Kowa Genesis-D включает введение флуоресцентного вещества, фиксацию положения обследуемого глаза на точечном источнике света, проецирование изображения глазного яблока на светочувствительной поверхности ПЗС матрицы черно-белой видеокамеры, обработку и регистрацию телевизионного изображения в компьютере. Глазное яблоко освещается световыми импульсами так, что спектральный состав каждого предыдущего светового импульса отличается от спектрального состава последующего светового импульса. Использование такого способа необходимо для получения полноцветного изображения и уменьшения уровня освещения глаза. Для формирования полноцветного изображения глаза в фун-

дус-камере используется специальная компьютерная обработка нескольких черно-белых изображений, каждое из которых получено при освещении глаза светом с различной длиной волны. Недостатком фундус-камеры является невозможность получения высококачественного цветного изображения в реальном времени при освещении глаза белым светом с энергией в пределах санитарных норм. Основным достоинством видеокамерных систем диагностирования являются высокая разрешающая способность датчиков на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС) и как следствие четкое изображение радужки и конъюнктивы глаза.

Телевизионная система диагностики и идентификации. Телевизионные методы, способы и средства идентификации и диагностики по изображению переднего сектора глазного яблока должны обладать высокой производительностью, точностью, скоростью и надёжностью используемых технологий [3]. Необходимо также решение задач и проблем автоматизации всего процесса диагностики и идентификации от формирования изображения конъюнктивы и радужки до выдачи всех необходимых параметров, характеристик и видеоданных объектов интереса. Телевизионные системы диагностики и идентификации, благодаря использованию технологии бесконтактных измерений, позволяют выполнить как визуальный анализ и контроль видеоизображений, так и автоматическое определение геометрических, яркостных и цветовых параметров изображений объектов интереса. Для достоверного обнаружения и измерения комплексных биометрических характеристик и информативных параметров конъюнктивы и радужки необходимо получить достаточно качественное изображение, а это могут осуществить специальные датчики телевизионных систем на базе современных мегапиксельных цветных ПЗС-матриц. Переход от черно-белого изображения к цветному позволит получить не один идентификационный код, а несколько, так как в минимальном варианте можно использовать три основных цвета – красный, зеленый и синий. Разработка датчиков на базе ПЗС-матриц с высокой разрешающей способностью, точностью и быстродействием и современных компьютерных аппаратно-программных средств обработки видеoinформации позволяет создать системы диагностики и идентификации, значительно превышающие возможности ультразвуковых, оптических или когерентных приборов диагностирования, которые используются в настоящее время в офтальмологии. На рис. 1 приведена структурная схема разрабатываемой телевизионной системы для формирования, обработки изображения переднего отдела глаза и определения его биометрических характеристик.

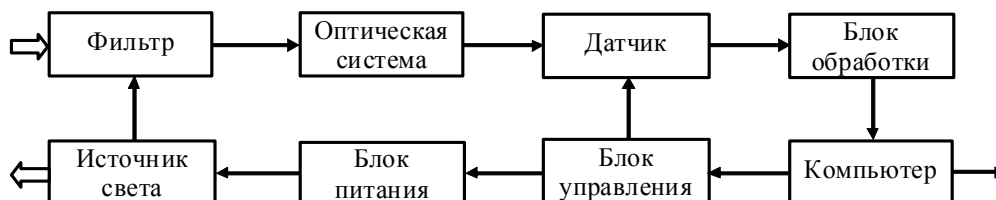


Рис. 1. Структурная схема телевизионной системы диагностики и идентификации

В состав телевизионной системы могут входить следующие блоки:

- фильтр, пропускающий выбранный спектр источника излучения;
- оптическая система с объективом, формирующая изображение глаза на светочувствительной поверхности ПЗС матрицы;
- датчик на базе цветной матричной телевизионной камеры, преобразующий оптическое изображение в сигнал и создающий видеоизображение переднего отдела глаза;
- аппаратно-программный блок обработки сигнала и изображения конъюнктивы и радужки;
- платы и блоки обработки видеoinформации, измерения параметров изображения объекта интереса, формирования и сохранения видеоданных в режиме реального времени и управления режимами работы телевизионной системы на базе персонального компьютера с соответствующим алгоритмическим, программным обеспечением и интерфейсом.

Сформированное датчиком видеоизображение передней поверхности глазного яблока поступает с телевизионной камеры на блок обработки и аппаратно-программную плату компьютерного обеспечения, предназначенного для получения статических изображений радужки и конъюнктивы и их динамических последовательностей на коротком отрезке времени. Программная часть, формирующая базу данных, включает в себя набор видеоизображений переднего отдела глаза, формализо-

ванное описание и ведение атласа их состояния. На экране монитора компьютера можно в реальном времени наблюдать изображение объектов интереса, в интерактивном режиме вручную или автоматически по команде соответствующей программы записывать интересующие кадры изображения радужки и конъюнктивы, производить с помощью специальной программы обработку полученной информации и формирование видеоданных.

В состав разрабатываемого экспериментального макетного образца телевизионной системы диагностики и идентификации входит оптическая система с объективом NAVITAR ZOOM6000. В состав датчика входит матричная цифровая цветная телевизионная камера модели PL-B873CU-KIT, предназначенная специально для установки на щелевые лампы с интерфейсом USB 2.0. Формат сенсора 1/1.8", разрешение 1600×1200 элементов с размером 4,4 мкм. В состав аппаратно-программных средств обработки и визуализации видеоизображения входит специальное программное обеспечение PixeLINK Capture SE. Для формирования видеосигнала используется программа STVS_Cap, а для обработки видеoinформации – программа STVS_Edit, которые протестированы в операционной системе Microsoft Windows XP Professional [4].

Для повышения контраста и качества изображений, формируемых датчиком телевизионной системы, применены специальные способы и средства диффузного освещения переднего отдела глаза широким световым пучком или прямое освещение узким пучком света для более яркой подсветки малоразмерного объекта интереса и определенного участка радужки или конъюнктивы глаза. Конструктивно телевизионная система диагностики и идентификации может выполняться на основе аппаратуры стационарной щелевой лампы, предназначенной для анализа видимых частей глаза – век, склеры, конъюнктивы, радужки, хрусталика и роговицы. В состав лампы входит перемещаемый по вертикали лицевой упор, координатный и инструментальный столик и смонтированный на специальной подставке источник света, снабженный щелевой диафрагмой для формирования узконаправленного пучка излучения. Осветитель и телевизионный датчик смонтированы на координатном столике, что обеспечивает их совместное вертикальное и горизонтальное перемещение в процессе работы. В осветителе источником излучения служит электрическая лампа, светодиоды видимого или инфракрасного излучения, подключенные к блоку постоянного или импульсного напряжения питания и блоку управления режимами работы и подсветки переднего отдела глаза.

Особенностью формирования изображения в телевизионных системах диагностики является решение задач и проблем повышения освещенности и разрешающей способности изображения при соизмеримых расстояниях от объектива до объекта наблюдения и до светочувствительной поверхности ПЗС-преобразователя датчика [5]. Для улучшения качества изображений переднего отдела глаза необходимо использовать объектив с внешним оптическим покрытием, исключающим блики на изображении и специальные нацеливающие точки или светодиодные фиксационные метки щелевой лампы для настройки и совмещения положения оптической оси объектива телевизионного датчика относительно центра радужки и зрачка глазного яблока. Наибольшей трудностью является решение задач и проблем создания телевизионной системы идентификации личности, имеющей возможность распознавать человека из толпы, не заставляя его смотреть в объектив телевизионного датчика. Для этого необходимы разработка и создание телевизионной системы, способной формировать изображение радужки глаза с высокой контрастностью, разрешающей способностью и четкостью на различных расстояниях до телевизионного датчика. В процессе распознавания она должна сформировать несколько последовательных изображений в различные моменты времени, когда положения головы и глаз человека разнятся от положений, зафиксированных на предыдущих изображениях, совместить аппаратно-программными средствами части рисунка радужки или объекта интереса из разных изображений глаза и получить необходимое полное изображение радужки.

Заключение. Телевизионные системы преобразования и формирования изображения переднего отдела глаза позволяют уменьшить аппаратные и временные затраты, снизить трудоемкость диагностики и идентификации и выполнять их в реальном режиме времени. Разработка современных телевизионных датчиков и аппаратно-программных средств обработки видеoinформации повышает разрешающую способность и точность измерения информативных параметров и признаков конъюнктивы и радужки. Применение телевизионных и компьютерных технологий для определения комплексных биометрических характеристик изображений переднего отдела глаза может увеличить достоверность и эффективность диагностики заболеваний и идентификации личности человека.

Литература

1. Вельховер Е.С. Клиническая иридология. – М.: Орбита, 1992. – 431 с.
 2. Иридология и иридодиагностика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iridolog.narod.ru/Index.htm>, свободный (дата обращения: 21.09.2012).
 3. Дементьев А.Н. Методы определения параметров радужной оболочки и конъюнктивы глаза для иридодиагностики и идентификации личности человека / А.Н. Дементьев, А.Ю. Латышев, Н.И. Мищенко, И.Н. Пустынский // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2011. – № 2 (24), ч. 1. – С. 118–121.
 4. Дементьев А.Н. Обработка и анализ изображений микроциркуляторного русла бульбарной конъюнктивы / А.Н. Дементьев, Г.В. Дементьева // Компьютерные науки и технологии: сб. трудов Второй междунар. науч.-техн. конф. – Белгород: ООО «Гик», 2011. – С. 557–561.
 5. Пустынский И.Н. К расчёту освещённости изображения и числа сигнальных электронов в телевизионном датчике на ПЗС-матрице / И.Н. Пустынский, Е.В. Зайцева // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2009. – № 2. – С. 5–10.
-

Пустынский Иван Николаевич

Д-р техн. наук, профессор, зав. каф. телевидения и управления (ТУ) ТУСУРа
Тел.: (382-2) 41-34-23
Эл. почта: in@tu.tusur.ru

Дементьев Александр Николаевич

Канд. техн. наук, доцент каф. ТУ
Тел.: (382-2) 70-15-04
Эл. почта: dem@tu.tusur.ru

Мищенко Николай Иванович

Ст. науч. сотрудник каф. ТУ
Тел.: (382-2) 41-33-68
Эл. почта: mish@tu.tusur.ru

Зайцева Екатерина Викторовна

Ассистент каф. ТУ
Тел.: (382-2) 70-15-04
Эл. почта: katya@tu.tusur.ru

Pustynsky I.N., Dementiev A.N., Mischenko N.I., Zaitceva E.V.

Methods and means of image formation and processing in an anterior chamber of the eye

In the paper we analyzed methods, devices and systems of iridology and identification of personality. We offered the ways and means of diagnostics of a conjunctiva and an iris complex factors and parameters, which allow to improve reliability and accuracy of diseases and identification of personality. The block diagram of hardware-software television system for measurement of biometric characteristics of an anterior chamber of the eye is provided.

Keywords: eye image, conjunctiva, iris, diagnostics, identification.