

УДК 612.821 + 159.91

К. Г. Коротков, К. П. Семенов, А. А. Грачев

«Био-Велл» — программно-аппаратный комплекс для определения психофизиологического состояния человека методом газоразрядной визуализации, работающий на базе облачных интернет-технологий

Ключевые слова: газоразрядная визуализация, ГРВ, «Био-Велл», исследование человека, энергетическое состояние человека, параметры здоровья, традиционная китайская медицина.

Keywords: gas-discharge visualization, GDV, electro-photonic imaging, EPI, Bio-Well, human investigation, human energy field, parameters of health, china medicine.

Рассматривается принцип работы портативного программно-аппаратного комплекса «Био-Велл», являющегося новым поколением приборов, позволяющих проводить исследование человека методом газоразрядной визуализации. Описана принципиальная схема обработки экспериментальных данных, реализованная на базе современных облачных интернет-технологий. Обсуждаются преимущества данного прибора и точность полученных с его помощью результатов.

Введение

В настоящее время большое внимание в медицине и биологии привлекает направление, рассматривающее состояние человека как системную проблему [1, с.10]. В соответствии с этой точкой зрения создаются технические средства, аккумулирующие новые методы диагностики физического и психического состояния человеческого организма, основанные на фиксации динамичных показателей, что открывает новые возможности для превентивной медицины. В многочисленных работах ученых разных стран было показано, что с помощью анализа ГРВ-грамм, полученных в результате реализации метода газоразрядной визуализации (ГРВ), можно регистрировать динамику изменений психофизиологического состояния (ПФС) человека [2–6]. В соответствии с вышеуказанными идеями группой под руководством профессора К. Г. Короткова был сконструирован прибор «Био-Велл», позволяющий

производить измерения психофизического состояния человека методом ГРВ.

Принцип работы программно-аппаратного комплекса «Био-Велл»

Программно-аппаратный комплекс «Био-Велл» является новым поколением приборов, позволяющих проводить исследование методом ГРВ. Прибор портативный, и поэтому может быть использован в полевых условиях. Его электропитание осуществляется от USB-разъема компьютера, под управлением которого он работает.

Исследование ПФС человека начинается со съемки ГРВ-грамм десяти пальцев рук (рис. 1). При съемке происходит стимулирование эмиссии электронов и фотонов с поверхности кожного покрова за счет коротких (10 мкс) импульсов электромагнитного поля (ЭМП). Во время действия



Рис. 1 Программно-аппаратный комплекс «Био-Велл». Регистрация газоразрядных изображений пальцев рук человека

импульса ЭМП развивается серия импульсов тока и свечения длительностью примерно 10 нс каждый. ГРВ изображений регистрируется при помощи ПЗС-матрицы [7]. В момент измерения с ПЗС-матрицы прибора поступает полученное методом ГРВ исходное изображение в восьмибитном формате. Свечение разряда фиксируется прибором в виде изображений (ГРВ-грамм) и анализируется комплексом программ. Показано, что «параметры ГРВ изображений отражают активность вегетативной нервной системы и баланс ее симпатических и парасимпатических отделов» [1, с. 56], что позволяет использовать описываемые изображения для анализа состояния человека.

Полученные ГРВ-граммы сохраняются на сервере, где происходит обработка данных посредством аналитического программного обеспечения, основанного на использовании методов обработки изображений, искусственного интеллекта и математического анализа больших баз данных. Программы, основанные на более чем 30 000 измерений, формируют заключения, полученные из сравнения ГРВ-граммы испытуемого с усредненными диапазонами значений, характерных для здоровых людей. Для анализа используются различные принципы интерпретации и визуализации информации, полученной из вычисления параметров отдельных участков (секторов) ГРВ-грамм пальцев рук [1, 6].

Автоматическая обработка данных позволяет одновременно обрабатывать ГРВ-граммы нескольких испытуемых и сравнивать несколько серий съемок (например, произведенных в разные дни, до и после различных воздействий на организм испытуемого). Эти данные доступны в виде графиков или числовых таблиц. Список съемок и личные данные испытуемого (имя, пол, возраст и т. д.) также сохраняются на сервере. Программа, кроме того, рассчитывает коэффициент, характеризующий уровень стресса.

Программная обработка ГРВ-изображений включает несколько этапов: съемку ГРВ-грамм; фильтрацию изображений (устранение шума); определение положения эллипсов с корректировкой центров; вычисление спектра интенсивности свечения в условных единицах от 0 до 255. Спектр изображения характеризует распределение количества пикселей для каждой единицы интенсивности (рис. 2).

По спектру определяется порог уровня шума — удаляются все точки с интенсивностью меньше эмпирически выбранного уровня шума. После этого изображение разбивается на связанные фрагменты — участки изображения, у которых соседние пиксели примыкают друг к другу по вертикали или по горизонтали. Далее удаляются части изображения, у которых площадь фрагмента ниже 30 точек, после чего получается отфильтрованное изображение (рис. 3, а и б).

Одновременно с фильтрацией вычисляются основные параметры:

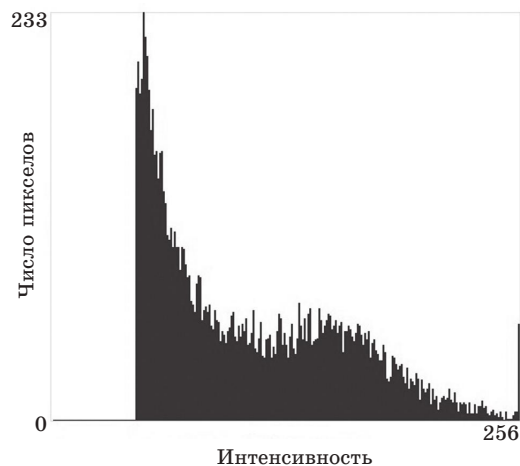


Рис. 2 Пример распределения числа пикселей для каждой единицы интенсивности (от 0 до 255) в спектре изображения

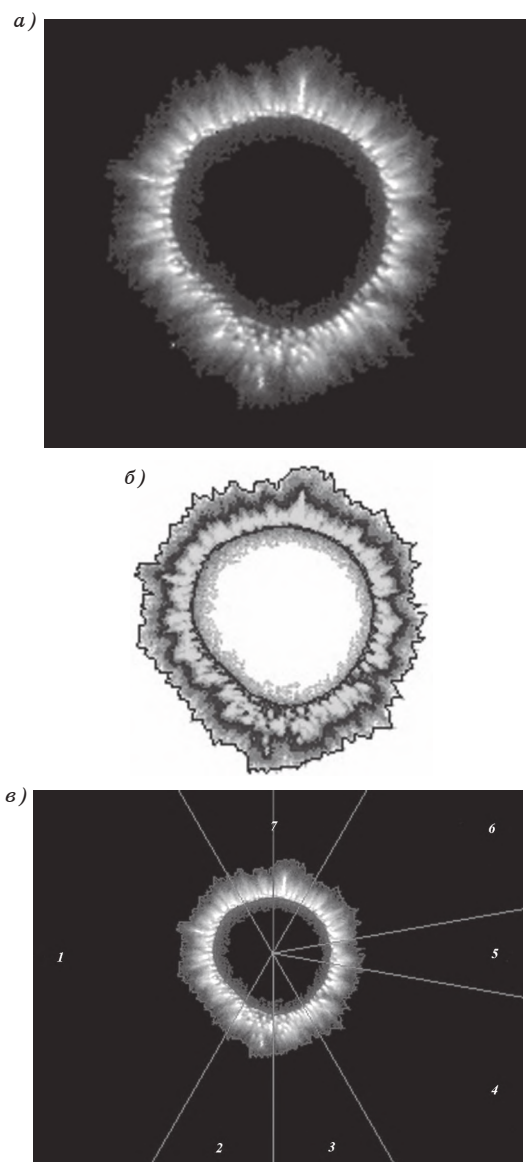


Рис. 3 ГРВ-грамма среднего пальца левой руки: а — исходное изображение; в оттенках серого наглядно видны интенсивности в градации от 0 до 255; б — обработанное изображение; отмечены связанные пиксели изображения; в — секторальное разбиение ГРВ-граммы

- площадь изображения S — количество пикселей с интенсивностью выше принятого уровня;
- суммарная интенсивность изображения I — сумма интенсивностей всех пикселей изображения;
- средняя интенсивность изображения $I_{cp} = I/S$;
- примерное положение вписанного эллипса, координаты центра которого рассчитываются как центр масс:

$$CX = \frac{\sum X_i}{S}; \quad CY = \frac{\sum Y_i}{S},$$

где X и Y — координаты точек; S — площадь изображения.

Далее делают вычисления предварительных контуров изображения. Для этого из центра вычисленного эллипса испускают лучи по всей окружности с шагом 1° . Первое пересечение с точкой с интенсивностью больше средней I_{cp} считается первой точкой внутреннего контура. Точкой внешнего контура считается последняя точка с интенсивностью больше нуля. Координаты луча вычисляются по алгоритму Брезенхама.

В случае, если какие-либо лучи не нашли точек пересечения, то пропущенные точки внутреннего контура восстанавливаются как среднее из двух соседних. В итоге внутренний контур представляет собой эллипс из 360 точек. Далее выполняется операция сглаживания внутреннего контура по 15 точкам (как среднее арифметическое от суммы).

Для вычисления параметров и ориентации вписанного эллипса используются точки внутреннего контура. Итогом работы алгоритма являются следующие параметры: CX , CY — координаты центра эллипса, $AxisA$, $AxisB$ — оси эллипса, $Theta$ — угол поворота эллипса).

После вычисления параметров и ориентации вписанного эллипса выводятся итоговые параметры контуров, после чего происходит деление свечения на сектора. В программе используется принцип секторного разбиения ГРВ-изображений пальцев рук по Короткову [1]. Каждый сектор задан своими угловыми координатами, номера секторов идут против часовой стрелки (рис. 3, в). Для каждого сектора каждого пальца программно определяются следующие параметры: S_i — суммарная площадь сектора в пикселях; I_i — суммарная интенсивность пикселей сектора).

Наряду с разбиением по основным секторам используются дополнительные сектора для вычисления других производных параметров. Например, разбиение эллипса на 16 равных частей необходимо для вычисления стандартных отклонений основных параметров, которые используются при статистической обработке результатов измерений [6]. Для каждого из 16 секторов рассчитываются площадь и интенсивность и вычисляются три параметра:

стандартное отклонение площади

$$VarS = \frac{\sqrt{\frac{\sum (S_i - \bar{S})^2}{n-1}}}{\bar{S}} 100 \%;$$

стандартное отклонение интенсивности

$$VarI = \frac{\sqrt{\frac{\sum (I_i - \bar{I})^2}{n-1}}}{\bar{I}} 100 \%;$$

стандартное отклонение радиуса внутреннего контура

$$VarR = \frac{\sqrt{\frac{\sum (R_i - \bar{R})^2}{n-1}}}{\bar{R}} 100 \%.$$

Описываемая программа обработки представляет собой сетевую архитектуру, построенную по трехуровневой принципу, где сервисы внутри «интернет-облака» составляют три большие категории: хранение, обработка данных, общение с клиентом [8]. Таким образом, предполагается наличие следующих компонентов:

- клиентское приложение (терминал);
- приложение для подключения к серверу;
- приложение для подключения к серверу базы данных (БД).

Клиент — это интерфейсный графический компонент, представляющий первый уровень, приложение для конечного пользователя. Этот уровень не имеет прямых связей с базой данных и не хранит состояние приложения. В него вынесена простейшая бизнес-логика: интерфейс авторизации, алгоритмы шифрования, проверка вводимых значений на допустимость и соответствие формату, несложные операции (сортировка, группировка, т. д.) с данными, уже загруженными на терминал, а также вывод данных на печать и получение данных с прибора и отправка их на сервер. Сервер приложений представляет собой второй уровень, где сосредоточены большая часть бизнес-логики и программный интерфейс, связывающий клиентские компоненты с прикладной логикой базы данных. На третьем уровне сервер БД обеспечивает хранение данных (стандартная реляционная СУБД).

Сервер приложений и сервер базы данных физически находятся на одном сервере под управлением CentOS с установленным веб-сервером Apache и PHP 5.X (так называемый LAMP).

Сервер приложений разделен на две части, отвечающие за разные функции:

- модули расчета параметров;
- модули, реализующие бизнес-логику, а также сетевой обмен с клиентами.

В силу того что расчет параметров является достаточно тяжелой с вычислительной точки зрения

задачей, то от модулей, реализующих данную задачу, требуется максимальная производительность. Исходя из этого, модули написаны на стандартном языке C++ и собираются в исполняемые файлы. Каждый из модулей принимает в виде аргументов командной строки некоторые параметры и выводит результат в указанную папку. Исходные тексты снабжены описанием для утилиты smake (<http://smake.org/>), которая создает нужные файлы проекта под выбранную платформу и компилятор. Все ГРВ-изображения хранятся на сервере в виде PNG-картинок, поэтому в состав исходных текстов также включены библиотеки LIBPNG (<http://libpng.sourceforge.net/index.html>) и ZLIB (<http://zlib.net/>).

Каждый из модулей принимает в качестве параметра путь к каталогу, где хранятся изображения ГРВ-грамм и некоторые другие технические параметры, а на выходе формирует результат в виде ini-файла в указанном каталоге.

Весь комплекс модулей представляет собой так называемую веб-службу (web service), которая предоставляет клиентским приложениям возможность работать с системой посредством набора экспортируемых функций. Взаимодействие с клиентскими приложениями осуществляется посредством протокола SOAP (<http://en.wikipedia.org/wiki/SOAP>), а само описание интерфейса реализовано с помощью языка WSDL.

Прибор «Био-Велл» обладает хорошей воспроизводимостью основных величин свечения — площади S и интенсивности I — в серии последовательных измерений. Для метрологической поверки прибора используется титановый цилиндр. Расхождение между последовательными измерениями свечения титанового цилиндра для площади не превышает 5 % ($\Delta S \leq 5\%$), а для интенсивности — 2 % ($\Delta I \leq 2\%$).

Заключение

Описаны принципы работы портативного программно-аппаратного комплекса «Био-Велл» для исследования состояния человека с помощью мето-

да ГРВ. Работа комплекса осуществляется на базе современных облачных интернет-технологий, что обеспечивает повсеместный доступ к полученным результатам и делает его не требовательным к производительности локального компьютера, управляющего работой прибора. Прибор «Био-Велл» может определять параметры психофизиологического состояния человека и следить за их изменением, а также определять влияние различных ситуаций и факторов на состояние.

Литература

1. **Коротков К. Г.** Принципы анализа ГРВ биоэлектрографии. СПб.: Реноме, 2007. 286 с.
2. **Коротков К. Г., Орлов Д. В.** Система динамического анализа комплексных параметров среды обитания и изменений психоэмоционального состояния человека // Журнал формирующихся направлений науки. 2014. Т. 2. № 6. С. 6–14.
3. **Метод ГРВ биоэлектрографии для исследования влияния пахучих веществ на психофизиологическое состояние человека** / Н. С. Прияткин, К. Г. Коротков, В. А. Куземкин [и др.] // Изв. вузов. Приборостроение. 2006. Т. 49. № 2. С. 37–43.
4. **Картавенко М. В., Чекина М. Д.** Правомерность использования биоэлектрографии в психологических исследованиях // Изв. ЮФУ. Техн. науки. 2008. № 6. С. 83–85.
5. **Rgeusskaja G. V., Listopadov U. I.** Medical Technology of Electrophotonics — Gas Discharge Visualization — in Evaluation of Cognitive Functions // Journ. of Science of Healing Outcome. 2009. Vol. 2. N 5. P. 15–17.
6. **Yakovleva E., Korotkov K.** Electrophotonic Applications in Medicine. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013. 143 p.
7. **Методика измерения спектральной чувствительности пзс-матрицы** / Б. Л. Васин, С. В. Малькова, М. В. Осипов [и др.] / Электронный ресурс: статья / Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева РАН// Препринт № 18. М., 2007. С. 1–21 [URL: http://preprints.lebedev.ru/wp-content/uploads/2011/12/2007_18.pdf].
8. **Кузьмина В. В.** Актуальность и многогранность применения «Облачных технологий». Электронный ресурс: обзорная статья // Вестн. Дмитровградского инженерно-технического ин-та. 2013. № 1. С. 93–96 [URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21435513>].