



Литература

1. Сергеевков А.С. Применение многоагентных технологий для реализации подсистемы мониторинга пациентов // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2016): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2016. – С.592-595.
2. Бодин О.Н., Сергеевков А.С. Использование многоагентной технологии в компьютерной диагностической системе «Кардиовид» // Сборник тезисов XII международного конгресса «Кардиостим». – Санкт-Петербург, 2016. – С.224.
3. В.И. Городецкий, О.В. Карсаев, В.В. Самойлов, Серебряков, С.В. Инструментальные средства для открытых сетей агентов. Известия РАН. "Теория и Системы Управления", Москва: Наука, 2008, №. 3. – С. 106-124.
4. В.И. Городецкий. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации. Известия РАН "Теория и системы управления", 2012, № 2, с. 92–120.
5. Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям. М.2002, с.112-114.

Д.С. Бурков, В.Н. Гришанов, К.В. Черепанов

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО МЕДИЦИНСКОГО ФЛУОРИМЕТРА

(Самарский университет)

Флуоресцентные исследования кожи *in vivo* с диагностическими целями интенсивно внедряются в медицинскую практику. Кожный покров человека является своеобразным аккумулятором конечных продуктов гликирования (КПГ), которые отражают процессы, происходящие в организме человека. Наибольшее распространение автофлуоресцентная диагностика кожи (АФК) получила в прогнозировании смертности при диабете [1], острой ишемической болезни сердца [2] и определении биологического возраста кожи [3]. Измерение интенсивности АФК не требует дополнительных материальных и временных затрат и травмирующих пациента процедур.

Диагностические флуориметры в России серийно не производятся, импортные приборы большинству клиник недоступны, поэтому разработка портативного, простого в обращении и легко тиражируемого оборудования для измерения интенсивности флуоресценции кожи весьма актуальна.

В Самарском университете при участии авторов настоящей работы был создан малобюджетный диагностический флуориметр [4], схема которого приведена на рис. 1. Возбуждающее АФК излучение 9 ультрафиолетового (УФ) светодиода 1 проходит через очищающий светофильтр 2 и защитное стекло 3, к которому снаружи прикладывается внутренняя сторона предплечья - флуорес-



цирующий объект исследования 4. Назначение очищающего светофильтра 2, установленного в возбуждающей ветви оптической схемы, состоит в подавлении паразитного длинноволнового излучения, спектр которого накладывается на спектр АФК. Часть рассеянного кожей предплечья возбуждающего и флуоресцентного излучений 10 через отрезающий светофильтр 5 падает на фотодиод, измеряющий интенсивность АФК 6. Назначение отрезающего светофильтра 5 состоит в подавлении упруго рассеянного кожей УФ излучения возбуждения АФК.

В компенсационном фотоприёмном канале также используется фотодиод 11 без отрезающего светофильтра, т.е. на его светочувствительную площадку попадает как излучение АФК, так и ни чем не ослабленное упруго рассеянное кожей излучение 10. Поскольку интенсивность излучения АФК, как минимум, на 4 порядка слабее интенсивности возбуждающего излучения, то естественно предположить, что ток фотодиода 11 будет пропорционален интенсивности упруго рассеянного излучения. Все элементы оптической схемы размещены внутри светонепроницаемого металлического кожуха 8. Внутри кожуха размещена и плата электроники 7. Наличие компенсационного канала обусловлено необходимостью учёта индивидуальных различий в оптических свойствах кожи пациентов.

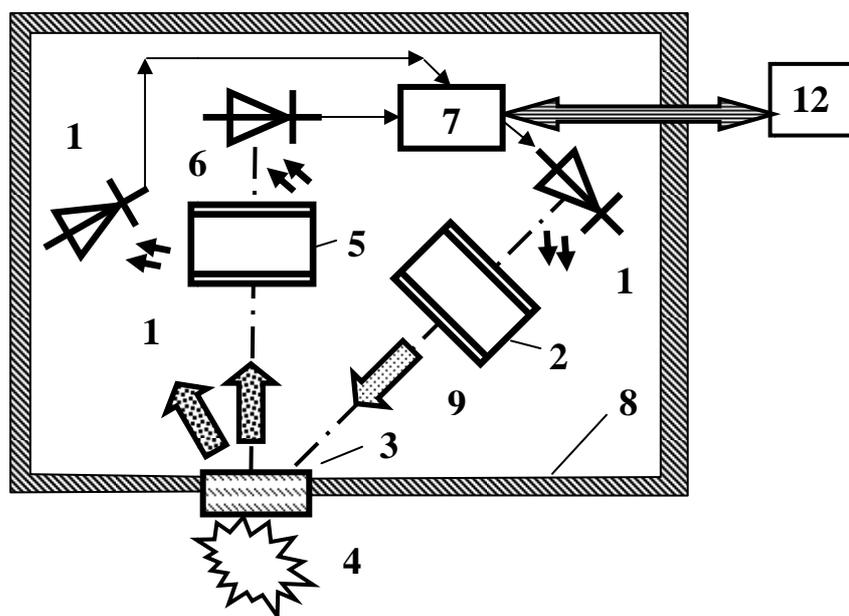


Рис. 1. Структурная схема портативного измерителя флуоресценции с опорным каналом на упругом рассеянии: 1 – УФ-светодиод; 2 - очищающий светофильтр; 3 - защитное стекло; 4 - объект исследования; 5 - отрезающий светофильтр; 6 – фотодиод, измеряющий интенсивность АФК; 7 - плата электроники с микроконтроллером; 8 – металлический кожух; 9 - поток энергии возбуждения; 10 – рассеянный в сторону фотоприёмников поток излучения; 11 – компенсационный фотодиод; ПК – персональный компьютер

Диагностическим параметром флуориметра является отношение токов фотодиодов 6 и 11:

$$AUF = k(I_f / I_b), \quad (1)$$



где I_f - ток фотодиода б, обусловленный АФК; I_b – ток компенсационного фотодиода 11; $k = const$ – коэффициент пропорциональности, постоянная для конкретного прибора величина.

Флуориметр состоит из оптико-электронного блока размерами 153×83×51 мм и компьютера, соединённых кабелем через USB порт. Для проведения качественного анализа и количественной обработки результатов необходимо программное обеспечение, которое позволит визуально представить, выполнить математические вычисления и систематизировать полученные данные с флуориметра. Программное обеспечение для управления флуориметром разрабатывалось в пакете Microsoft Visual Studio на языке высокого уровня C# в среде .NET Framework. C# - это простой, современный, строго типизированный объектно-ориентированный язык программирования [5]. На подавляющем большинстве компьютеров стоит операционная система Windows включающая в себя .NET Framework, которая гарантирует корректную работу приложения написанного на языке C# на любом компьютере с этой операционной системой.

На данном этапе разработки программное обеспечение (ПО) позволяет через порт USB и микроконтроллер прибора управлять параметрами каналов возбуждения и приёма АФК, продолжительностью диагностической процедуры и передачей оцифрованных сигналов интенсивности АФК в компьютер. Данные поступают в ПК с двух каналов, сначала идут данные с первого канала младший и старший байт, затем данные со второго канала младший и старший байт.

Для соблюдения последовательности получения данных, в программе добавлено условие проверки последовательности принятых байт. При нарушении последовательности данные не запоминаются и отсчёт повторяется. Тестирование программы показало, что необходимо добавить ряд проверок, которые будут препятствовать ошибочной или неправильной записи данных о пациенте и сборе статистики. Так, нельзя запустить программу без правильно заполненных полей о пациенте: ФИО, возраст, диагноз. В каждое поле добавлена проверка на вводимые символы, данное ограничение свело к минимуму ошибку в написании возраста и ФИО пациента.

ПО имеет 3 режима работы, ручной режим, когда время работы или количество отсчетов ограничивает оператор, таймер или количество отсчетов, принятых программой. На экране компьютера отображаются временные диаграммы сигналов АФК и компенсационного, позволяющие врачу отслеживать их динамику во время процедуры. По мере поступления отсчётов с оптико-электронного блока, производится их стандартная статистическая обработка [6] и расчёт диагностического параметра (1). Применение метода асинхронной работы программы и лямбда выражения дало возможность отрисовывать графики, выполнять математические операции и сохранять данных по мере поступления отсчетов на компьютер. Результаты обработки выводятся по окончании процедуры: среднее арифметическое значение интенсивности АФК, компенсационного канала и диагностического параметра и их коэффициенты вариации. Окно программы представлено на рис. 2.

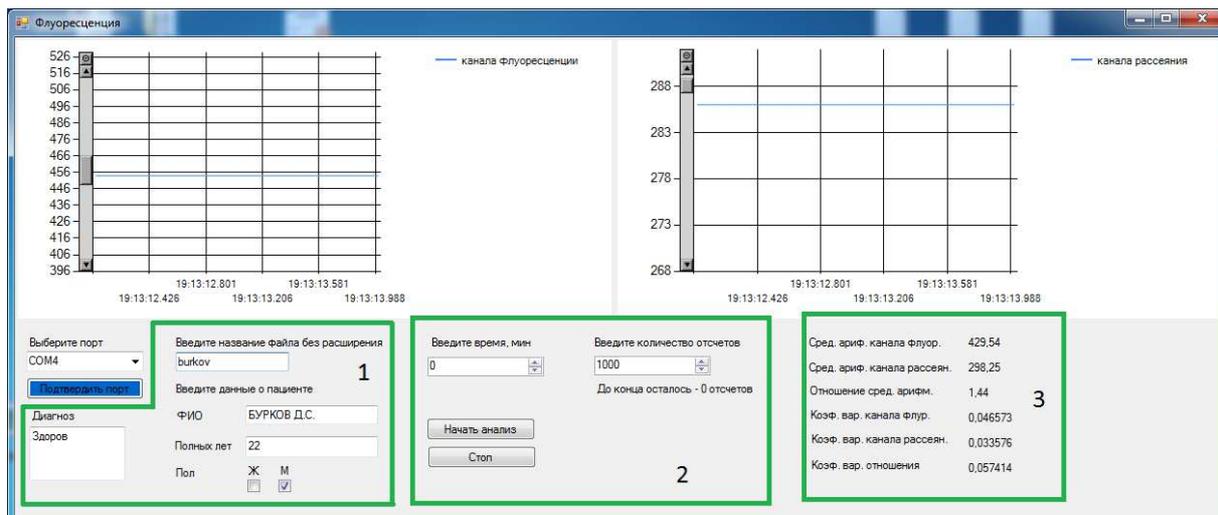


Рис. 2. Окно программы диагностического флуориметра: 1 - данные о пациенте; 2 - режимы диагностики; 3 - результаты диагностики

После обработки, данные сохраняются в виде файла, содержащего ряды значений сигнала АФ и моменты времени фиксации этих значений. Пример выходного файла программы представлен на рис. 3.

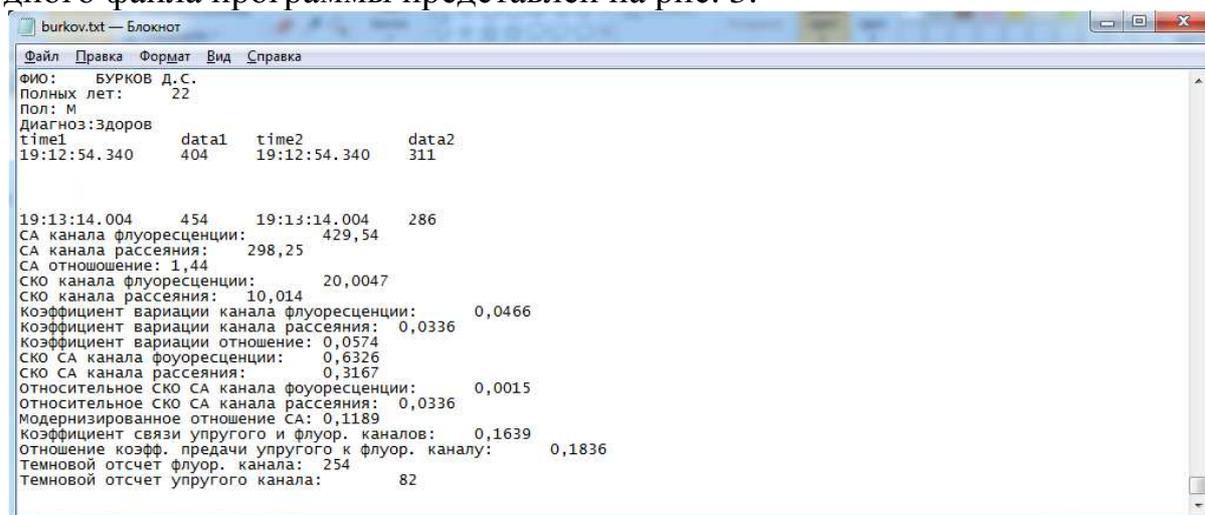


Рис. 3. Выходной файл

Разработанное ПО успешно установлено на 5-и задействованных в экспериментах компьютерах в вузе и клинике. В ПО предусмотрены проверки для предотвращения неправильного заполнения полей и выбора режимов работы, добавлена автоматическая пауза при высокой фоновой засветке фотодиодов во время процедуры. ПО продемонстрировало свою работоспособность при проведении более 500 диагностических процедур как в условиях вуза, так и в условиях клиники.

Литература



1. Meerwaldt R., Graaff R., Oomen P. H. N. et al, Simple non-invasive assessment of advanced glycation endproduct accumulation // *Diabetologia* 2004, v. 47, 1324 – 1330.
2. Mulder D.J., van Haelst P.L., Graaff R., et al. Skin autofluorescence is elevated in acute myocardial infarction and is associated with the one-year incidence of major adverse cardiac events // *Netherlands Heart Journal* 2009 v. 17(4), 162 – 168.
3. Папаян Г.В., Петрищев Н.Н., Крылова Е.В. и др. Метод оценки биологического возраста кожи с помощью флуоресцентного мультиспектрального видеодерматоскопа // *Оптический журнал*, 2010, т. 77, № 2, с. 60 – 67.
4. Kornilin D.V., Grishanov V.N., Zakharov V.P., Burkov D.S. Portable fluorescence meter with reference backscattering channel. *Proc. SPIE*, 2016; 9961. 99610C: 1-8. doi:10.1117/12.2237135.
5. Павловская Т.А., С#. Программирование на языке высокого уровня. Учебник для вузов. СПб. Питер, 2009. - 432 с: ил.
6. Петри А., Сэбин К. Наглядная медицинская статистика. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. - 172 с.

З.М. Гизатуллин, А.О. Архипов

ОРИГИНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НОСИМОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

(Казанский национальный исследовательский технический
университет имени А.Н. Туполева – КАИ)

В настоящее время носимая электроника (смартфоны, планшеты, умные часы, фитнес браслеты и т.п.) получили широчайшее распространение. При этом, еще более быстрее расширяется их функциональность, которая в основном обеспечивается за счет большого количества разных встроенных датчиков.

Целью данной работы является анализ возможностей встроенных в носимые электронные средства датчиков и выработка предложений по их оригинальному применению для мониторинга параметров здоровья человека.

Наиболее распространенными датчиками, встроенными в носимую электронику являются: акселерометр, гироскоп, датчик сердцебиения [1, 2].

Акселерометры измеряют ускорение устройства – вес на единицу массы по отношению к силе тяготения Земли на уровне моря. Существует множество типов акселерометров: оптические, магнитно-индукционные, лазерные и др. Современные портативные устройства обычно оснащаются акселерометрами на основе микроэлектронных механических систем (МЭМС).

Характеристики акселерометров:

- количество осей: количество осей ускорения в евклидовом пространстве, по которым акселерометр измеряет ускорение. Для двухмерного позиционирования достаточно двух осей; акселерометр выдает значения ускорения по