

Университет ИТМО  
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

## Биометрия и нейротехнологии

Реферат

Основы работы с Цифровой  
лабораторией в области  
нейротехнологий ViTronics Lab

Выполнила: Машина Екатерина

Группа Р3210

Преподаватель:

Штенников Дмитрий Геннадьевич

Русак Алена Викторовна

Санкт-Петербург

2020 г.

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	2
ОСНОВНЫЕ СЕНСОРЫ НАБОРА BITRONICS LAB.....	4
ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ РЕШАЕМЫЕ СЕНСОРАМИ. ОБЛАСТИ И СПОСОБЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ.	4
Сенсор электромиограммы (ЭМГ) .....	5
Сенсор кожно-гальванической реакции (КГР).....	5
Сенсор оптической фотоплетизмограммы (пульс) .....	7
Сенсор электрокардиограммы (ЭКГ) .....	10
Сенсор электроэнцефалограммы (ЭЭГ).....	11
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	12
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	13

## ВВЕДЕНИЕ

Вопрос рассмотрения возможности применения биометрии на практике стоит начать с определения понятия биометрии как науки, ввести необходимые понятия и определения, а также описать решаемые задачи.

**Биометрия** — система распознавания людей по одной или более физическим или поведенческим чертам (трёхмерная фотография (модель) лица и/или тела, образец голоса, отпечатки пальцев, рисунок вен руки, группа крови, специальное фото роговицы глаза и т.д.). В области информационных технологий биометрические данные используются для защиты/контроля доступа к данным в качестве формы управления идентификаторами доступа и контроля доступа. А также в научных и медицинских целях. [10]

Биометрические данные можно разделить на два основных класса:

- *Физиологические* — относятся к форме тела. В качестве примера можно рассматривать: отпечатки пальцев, распознавание лица, ДНК, ладонь, сетчатка глаза, голос.
- *Поведенческие* — связаны с поведением человека. Например, особенности ходьбы, скорость/тембр речи. Иногда для этого класса биометрии используется термин англ. *behaviometrics*.

Основные определения:

- **Универсальность** — каждый человек должен обладать измеряемой характеристикой.
- **Уникальность** — насколько хорошо человек отделяется от другого с биометрической точки зрения.
- **Постоянство** — мера того, в какой степени выбранные биометрические черты остаются неизменными во времени (например, в процессе старения).
- **Взыскания** — простота осуществления измерения.
- **Производительность** — точность, скорость и надёжность используемых технологий.
- **Приемлемость** — степень достоверности технологии.
- **Устранение** — простота использования замены.

Биометрическая система может работать в двух режимах:

- *Верификация* — сравнение один к одному с биометрическим шаблоном. Проверяет, что человек тот, за кого он себя выдает. Верификация может быть осуществлена по смарт-карте, имени пользователя или идентификационному номеру.
- *Идентификация* — сравнение один ко многим: после «захвата» биометрических данных идет соединение с биометрической базой данных для определения личности. Идентификация личности проходит успешно, если биометрический образец уже есть в базе данных.

Первое частное и индивидуальное применение биометрической системы называлось регистрацией. В процессе регистрации биометрическая информация от индивида сохранялась. В дальнейшем биометрическая информация регистрировалась и сравнивалась с информацией, полученной ранее. Обратите внимание: если необходимо, чтобы биометрическая система была надежна, очень важно, чтобы хранение и поиск внутри самих систем были безопасными.

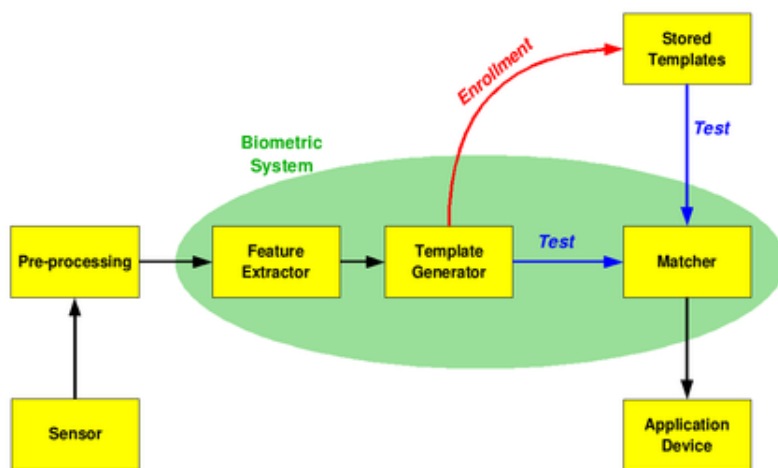


Рисунок 1 Структурная схема биометрического анализа

Рассмотрим структуру биометрического анализа:

Как показано на Рисунок 1 биометрический анализ состоит из нескольких крупных блоков. Рассмотрим их подробнее.

Первая часть (сенсор) — промежуточная связь между реальным миром и системой; он должен получить все необходимые данные. В большинстве случаев это изображения, но сенсор может работать и с другими данными в соответствии с желаемыми характеристиками.

Второй блок осуществляет все необходимые предварительные процессы: она должна удалить все «лишнее» с сенсора (датчика) для увеличения чувствительности на входе (например, удаление фоновых шумов при распознавании голоса)

В третьем блоке извлекаются необходимые данные. Это важный шаг, так как корректные данные нуждаются в извлечении оптимальным путём. Вектор значений или изображение с особыми свойствами используется для создания шаблона. Шаблон — это синтез (совокупность) релевантных характеристик, извлечённых из источника. Элементы биометрического измерения, которые не используются в сравнительном алгоритме, не сохраняются в шаблоне, чтобы уменьшить размер файла и защитить личность регистрируемого, сделав невозможным воссоздание исходных данных по информации из шаблона.

Регистрация, представленная шаблоном, просто хранится в карте доступа или в базе данных биометрической системы, или в обоих местах сразу. Если при попытке входа в систему было получено совпадение, то полученный шаблон передается к сравнителю (какому-либо алгоритму сравнения), который сравнивает его с другими существующими шаблонами, оценивая разницу между ними с использованием определённого алгоритма.

Программа для сличения анализирует заранее подготовленные образцы с поступающими, а затем эти данные передаются для любого специализированного использования.

В данном реферате рассмотрим различные сенсоры и исследуем вопросы их применимости в научно-исследовательских целях.

## ОСНОВНЫЕ СЕНСОРЫ НАБОРА BITRONICS LAB

- Электромиограммы (ЭМГ);
- Кожно-гальванической реакции (КГР);
- Оптической фотоплетизмограммы (пульс);
- Электрокардиограммы (ЭКГ);
- Электроэнцефалограммы (ЭЭГ).

## ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ РЕШАЕМЫЕ СЕНСОРАМИ. ОБЛАСТИ И СПОСОБЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

### Сенсор электромиограммы (ЭМГ)

**ЭМГ сенсор** - это мост, соединяющий тело человека и электронику, датчик собирает маленький сигнал мышц, затем обрабатывается с 2-м усилением и фильтром, выходной сигнал может быть распознан Arduino. Вы можете добавить этот сигнал в свою систему управления. Датчик не может использоваться в медицинских целях [1]. В режиме ожидания выходное напряжение составляет 1.5 В. При обнаружении мышечной активности выходной сигнал повышается, максимальное напряжение составляет 3.3 В.

Электромиография - это метод исследования нервно-мышечной системы посредством регистрации электрических потенциалов мышц. Впервые миограмма была зарегистрирована с помощью телефонного устройства Н.Е. Введенским в 1884, а в 1907 г. удалось осуществить графическую запись электромиограммы (ЭМГ) человека. Наиболее интенсивное развитие миографии в качестве клинической диагностической методики началось в 30-40-е годы. Это задаётся высокими требованиями к регистрирующей аппаратуре по точности и качеству получаемого сигнала. В настоящее время разработаны высококачественные усилители, позволяющие получить малый уровень шумов и наводок переменного тока в широком частотном диапазоне (для ЭМГ он достигает 10000 Гц). Это привело к существенному прогрессу в области клинического применения электромиографии [8].

В общем случае нервно-мышечная система представляет собой функционально тесный симбиоз скелетных мышц и периферических образований нервной системы. Функциональной единицей нервно-мышечной системы является двигательная единица, состоящая из одного мотонейрона, его аксона и иннервируемых им мышечных волокон. Сокращение мышечного волокна происходит в результате прихода к нему возбуждения по двигательным нервным волокнам.

Возбуждение с нервного волокна на мышечное передается в нервно-мышечном синапсе [3]. В зависимости от функционального назначения двигательной единицы могут включать различное число мышечных волокон: от 10-25 в мелких мышцах до 2000 в больших мышцах. Совокупная электрическая активность двигательной единицы мышцы дает сигнал – электромиограмму, который является основой электромиографического анализа.

### Сенсор кожно-гальванической реакции (КГР)

Электрическая активность кожи (**ЭАК**) ранее именовалась как **кожно-гальваническая реакция (КГР)**.

По сути же КГР представляет собой биоэлектрическую реакцию, которая является показателем активности вегетативной нервной системы (ВНС). Процесс потоотделения предназначен для терморегуляции организма, а также проявляется при изменении уровня психо-эмоционального напряжения. В силу того, что активность ВНС не подвластна сознательной корректировке, показания датчика ЭАК относят к высокому уровню достоверности.

**ПРОВОДИМОСТЬ кожи** - так называемая "быстрая", "фазическая" составляющая, характеризующая фазу ответного реагирования центральной нервной системы на ситуационный раздражитель (вопрос-стимул), которая протекает в течении от 2-3 до 7-8 секунд (в зависимости от типа реактивности человека).

В программном обеспечении проводимость кожи (ПК) представлена в графическом виде с частотой измерения показателя не менее 16 раз в секунду. Показания ПК принято интерпретировать таким образом:

- положительная часть амплитуды как степень значимости, а также как величина реакции на новизну;
- отрицательная часть амплитуды как степень функционального резерва для проведения процедуры исследования.

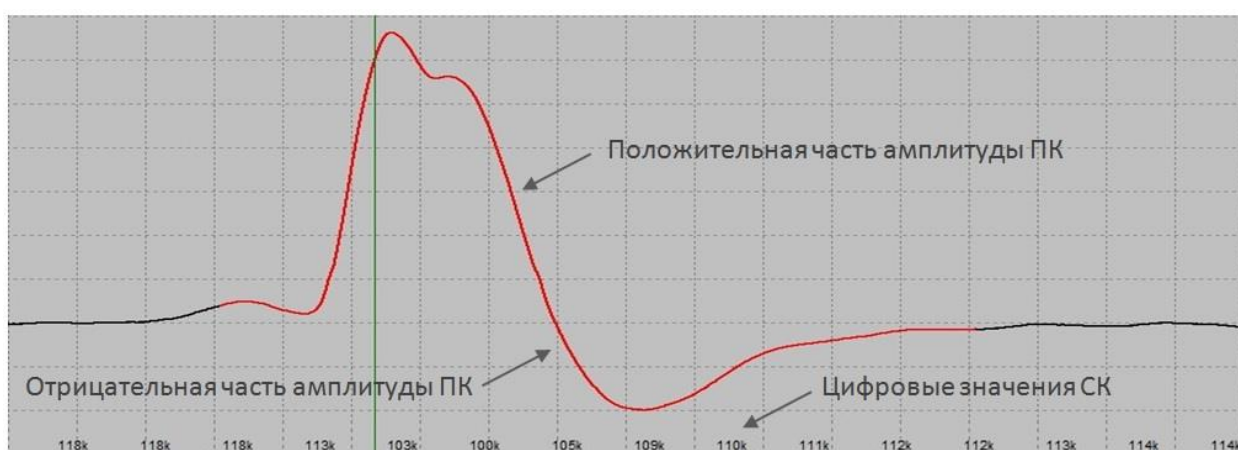


Рисунок 2

**СОПРОТИВЛЕНИЕ кожи** - так называемая "медленная", "тоническая" составляющая, характеризующая тонус психо-эмоционального напряжения, которое изменяется в течении до 2-3 минут (в зависимости от степени значимости аспекта / темы / условий исследования).

В программном обеспечении сопротивление кожи (СК) представлено в цифровом виде с частотой измерения показателя не менее 1 раза в секунду. Показания СК принято интерпретировать таким образом:

- как уровень оптимальности психо-эмоционального напряжения для проведения исследования (по величине цифровых значений);
- как степень значимости вопроса-стимула (по изменению усреднённых цифровых значений в период физиологического реагирования).

**Примечание по работе датчика КГР:**

- Показания СК "2048" свидетельствуют о некачественном подключении датчика к блоку сбора и обработки данных или о том, что датчик не работоспособен.
- Цифровые значения СК со знаком минус свидетельствуют о чрезмерном психо-эмоциональном напряжении человека или об инверсии показаний регистрационного канала (способ устранения явления инверсии представлен в инструкции пользователя).

**Сенсор оптической фотоплетизмограммы (пульс)**

В основе работы оптического пульсометра, используемого в носимой электронике, лежит технология фотоплетизмографии. Такой сенсор состоит из светодиодов, испускающих свет, и датчиков, регистрирующих уровень его отражения.

Пульс — это ритмичные колебания стенок кровеносных сосудов, происходящие во время сокращений сердца. Измерения пульса очень важны для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Важно следить за изменениями сердечного ритма, чтобы не допустить перегрузки организма, особенно во время занятий спортом. Один из понятных параметров пульса – частота пульса. Измеряется в количестве ударов в минуту.

Кожа человека содержит множество тонких капилляров, наполненных кровью. В момент, когда сердце сокращается, давление крови повышается, она активнее поступает в сосуды, а значит, поглощает больше света. Датчик регистрирует это, и путем подсчета количества таких всплесков за минуту смарт-часы или фитнес-браслет определяют частоту сердечного ритма.

Рассмотрим доступный датчик для измерения сердечного ритма – Pulse Sensor (Рисунок 3).





Рисунок 3 Датчик пульса

Это аналоговый датчик, основанный на методе фотоплетизмографии — изменении оптической плотности объема крови в области, на которой проводится измерение (например, палец руки или мочка уха), вследствие изменения кровотока по сосудам в зависимости от фазы сердечного цикла. Датчик содержит источник светового излучения (светодиод зеленого цвета) и фотоприемник (Рисунок 4), напряжение на котором изменяется в зависимости от объема крови во время сердечных пульсаций [2]. Это график (фотоплетизмограмма или ППГ-диаграмма) имеет форму, представленную на Рисунок 6.

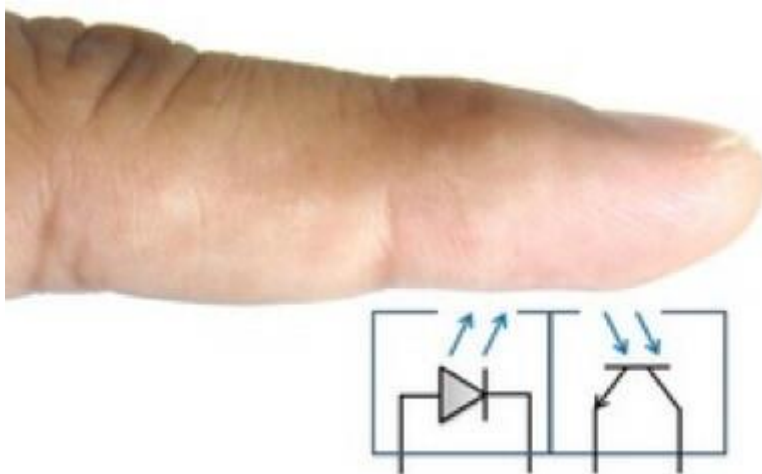


Рисунок 4

Зелёный цвет датчика обуславливается тем, что кровь человека имеет красный цвет (то есть, лучше всего отражает оптическое излучение, соответствующее красному), для лучшей точности необходимо использовать другой оттенок, хорошо поглощаемый ею. Таковым является зеленый, расположенный на спектральном круге напротив красного, а значит, хорошо поглощаемый кровью.



Рисунок 5 Спектральный круг Иттена

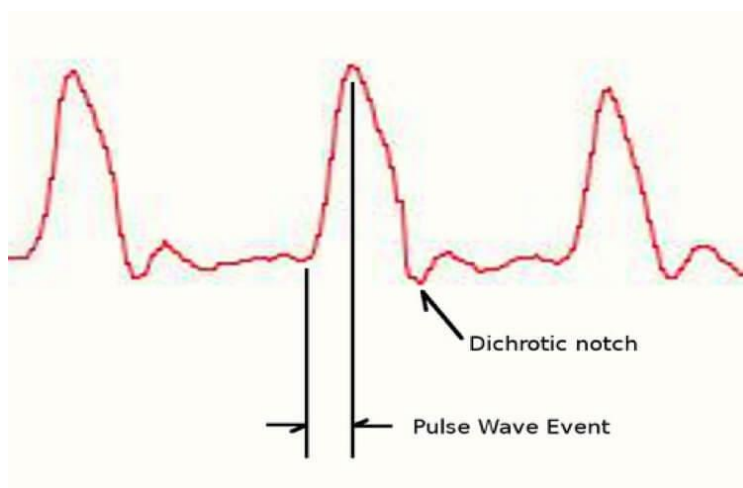


Рисунок 6 Фотоплетизмограмма

Датчик пульса усиливает аналоговый сигнал и нормализует относительно точки среднего значения напряжения питания датчика ( $V/2$ ). Датчик пульса реагирует на относительные изменения интенсивности света. Если количество света, падающего на датчик остается постоянным, величина сигнала будет оставаться вблизи середины диапазона АЦП. Если регистрируется большая интенсивность излучения, то кривая сигнала идет вверх, если меньше интенсивность, то, наоборот, кривая идет вниз [5].

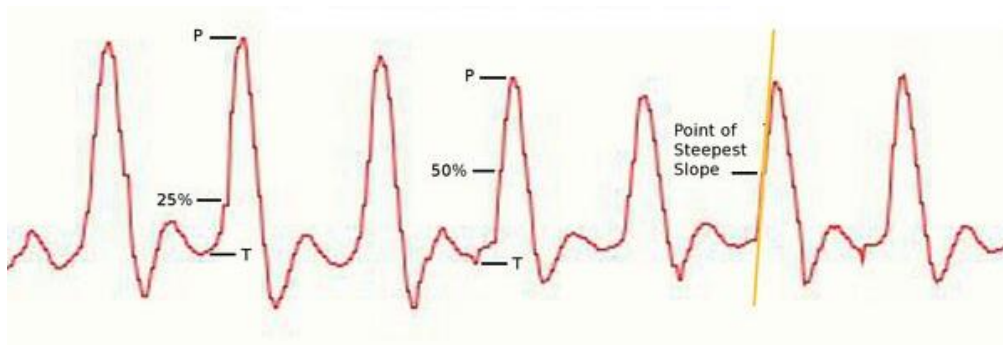


Рисунок 7 Регистрация удара пульса

Для удобства стоит измерять частоту пульса, фиксируя промежуток между точками графика, когда сигнал имеет значение 50% от полной амплитуды волны во время начала импульса.

### Сенсор электрокардиограммы (ЭКГ)

Датчик ЭКГ делает как правило 2 вида измерений: темп сердца (количество ударов за минуту) и напряжение (в мВ в секунду). Эти измерения записываются и показываются через компьютер или регистр данных, соединенный к датчику. Измерения темпа сердца и напряжения по умолчанию производятся со скоростью 200 выборок в секунду. Её можно уменьшить степень выборки до 50 выборок в сек.; однако для лучших результатов, лучше использовать скорость выборки по умолчанию.

Визуализированные данные:

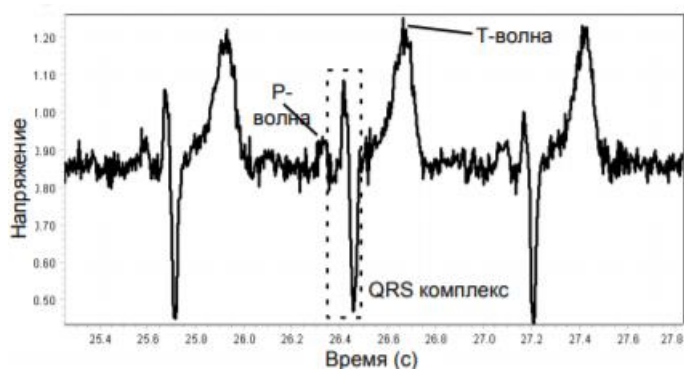


Рисунок 8

- Чтобы увидеть электрокардиограмму (Рисунок 8), получите график напряжения от времени. Одна часть типичной ЭКГ (электрокардиограммы) – это прямая линия или след, указывающий на отсутствие электрической активности. Эта линия называется

изоэлектрической линией. Отклонение от этой линии указывает на электрическую активность сердечных мышц.

- Первое отклонение от изоэлектрической линии в обычной ЭКГ -это верхний пульс, после которого изоэлектрическая линия возвращается. Это называется Р-волна и длится она около 0.04 секунды. Эта волна вызывается деполяризацией предсердия и вызвана сокращением предсердия.
- После возврата к изоэлектрической линии происходит небольшая задержка, пока узлы АВ сердца деполяризуются и пошлют сигнал по атриовентрикулярной связке проводных волокон (Пучок Гиса) в волокна Пуркинье, что проводит к деполяризации всех частей предсердия почти одновременно.
- После того как узел АВ деполяризовался, происходит идущий вниз толчок, называемый Q -волна. Вскоре после Q-волны происходит резкий подъем линии, называемый R - волна, после этого идет сильным спадом линии, называемый S-волна и затем возврат к изоэлектрической линии. Эти три волны вместе называются комплексом QRS. Этот комплекс вызывается деполяризацией предсердия и связан с сокращением .
- После короткого периода времени химические ионы, которые были задействованы в сокращении, вернулись обратно в свое первоначальное местоположение. Движение этих ионов порождает верхнюю волну, которая затем возвращается к изоэлектрической линии. Этот верхний импульс называется Т- волной и указывает на реполяризацию предсердия.
- Переход от Р- волны к Т- волне представляет один цикл сердца. Время от одной Р- волны к следующей Р- волне -это период сердцебиения. Частота сердечного ритма - это обратная величина периоду сердцебиения. Число таких циклов в минуту называется частотой сердечного ритма и обычно равно 70-80 сердцебиений в минуту (в покое).

### Сенсор электроэнцефалограммы (ЭЭГ)

Оценка электрической активности мозговых клеток проводится с помощью энцефалографа. Он состоит из датчиков (электродов), которые напоминают шапочку для бассейна, блока и монитора, куда передаются результаты мониторинга (Рисунок 9). Исследование проводится в небольшой комнате, которая изолирована от света и звука [6]. Метод ЭЭГ занимает немного времени и включает несколько этапов: Подготовка. Пациент принимает удобную позу – усаживается на стул или ложиться на кушетку. Затем происходит наложение электродов. На голову человека надевается «шлем» с сенсорами, проводки которых подключаются к аппарату, который записывает биоэлектрические импульсы мозга [4].

После включения энцефалографа, аппаратом начинается процесс считывания информации, затем он передаёт её на монитор в виде графика. В это время может фиксироваться мощность электрических полей и её распределение разными участками мозга.

При этом можно попросить человека выполнить несколько простых упражнений, например поморгать, глянуть на световые вспышки, редко или глубоко подышать, послушать резкие звуки, это отразится на результатах ЭЭГ [7].

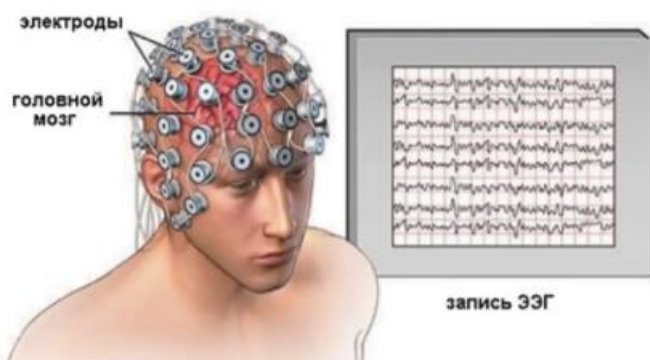


Рисунок 9

Таким образом исследование работы головного мозга при помощи датчика ЭМГ можно свести к определению реакции человека на внешние раздражители (например музыку).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом все датчики из набора BiTronics Lab могут быть применены для следующих видов лабораторных работ:

- ЭКГ и физическая нагрузка.
- Определение средней скорости распространения пульсовой волны.
- Влияние дыхания на нерегулярность сердечного ритма,
- Измерение АД методом Короткова.
- ЭМГ и сила сокращения мышц.
- Изучение усталости мышц с помощью ЭМГ.
- Исследование альфа- и бета-ритмов ЭЭГ.
- Влияние музыки на ритмы ЭЭГ.
- Кожно-гальваническая реакция и АНС.
- Определение частоты дыхания и физическая нагрузка.
- Взаимосвязь различных систем организма человека.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Basmajian J. V. Muscle alive, their functions revealed by electromyography. – Williams and Wilkins, fourth edition, 1979, P. 555.
2. Chistyakov V. (2016). Pulse oxymetry from Maxim: a new sensor MAX30102. News of Electronics, no. 7, pp. 36-39.
3. Functional Near-Infrared Neuroimaging:  
[http://cc.ee.ntu.edu.tw/~ultrasound/belab/midterm\\_oral\\_files/2014\\_102\\_2/102-2-mid-9.pdf](http://cc.ee.ntu.edu.tw/~ultrasound/belab/midterm_oral_files/2014_102_2/102-2-mid-9.pdf)
4. Liu N, Mok C, Witt EE, Pradhan AH, Chen JE, Reiss AL. (2016). NIRS-Based Hyperscanning Reveals Inter-brain Neural
5. Rajulu S. L. Decomposition of electrical signals for biomechanical interpretation. — PHD Thesis, 1990, The Ohio State University, p.1- 229.
6. Sonkin K.M. (2016). The system of classification of electroencephalographic signals of imaginary motions of fine motor skills for the brain-computer interface: the thesis of Cand. Tech. Sciences: 05.11.16: Moscow. [http://www.spbstu.ru/defences\\_files/067d-thesis.pdf](http://www.spbstu.ru/defences_files/067d-thesis.pdf).
7. Synchronization during Cooperative Jenga Game with Face-to-Face Communication. Frontiers in Human Neuroscience. 2016;10:82.
8. Winter D. A., Rau G., Kadefor R. Units, terms and standards in the reporting of electromyographical research. First Interim report of ISEK Committee on EMG Terminology, 1992.
9. Биометрия [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Биометрия> (дата обращения: 05.05.2020).