

*Перьков Максим  
Владимирович*

*Исследовательская работа  
“Метод пробуждения на  
основе анализа ЭЭГ мозга во  
время сна”*

*Секция: Информационные  
технологии (ИУ7)*

*Преподаватель: Строганов  
Юрий Владимирович -  
старший преподаватель  
кафедры ИУ7*

# Оглавление:

Введение и аннотация.....	3
I. Аналитический раздел.....	4
II. Конструкторский раздел.....	10
III. Технологический раздел.....	13
IV. Исследовательский раздел.....	19
Список литературы.....	20

## **Введение:**

В наше время сон является неотъемлемой частью жизни. Анализируя активности ночью, можно понять корень проблемы и начать заниматься её решением. Моя работа решает эту актуальную для многих проблему с помощью уникального и практичного метода, требующего минимальное оборудование, состоящее из модуля ЭЭГ и остальных инструментов, что делает сборку бюджетной, а работу программы быстрой. Моей работой могут пользоваться те люди, которые хотят улучшить качество сна, а также определить некоторые заболевания по типу апноэ или нарушенный сон, при этом не затратив много денег и времени на дорогие обследования в мед. клиниках.

## **Аннотация:**

Целью работы является создание метода пробуждения на основе анализа ЭЭГ во время сна. Для достижения поставленной цели были поставлены задачи: анализ предметной области, создание прототипа устройства для сбора данных ЭЭГ-активности, проектирование системы, поиск паттернов ЭЭГ, реализация и тестирование спроектированной системы.

# I. Аналитический раздел

## *ЭЭГ*

Электроэнцефалография, ЭЭГ — раздел электрофизиологии изучающий закономерности суммарной электрической активности мозга, отводимой с поверхности кожи волосистой части головы, а также метод записи таких потенциалов. Также ЭЭГ — неинвазивный метод исследования функционального состояния головного мозга путём регистрации его биоэлектрической активности.

Электроэнцефалография измеряет колебания напряжения в результате ионного тока в нейронах головного мозга. Клинически электроэнцефалограмма является графическим изображением спонтанной электрической активности мозга в течение определенного периода времени, записанной с нескольких электродов на мозге или поверхности скальпа.

## *ЭЭГ сна*

ЭЭГ-мониторинг сна – это исследование, в ходе которого проводится длительная запись электроэнцефалограммы, в течение нескольких часов, с регистрацией сна, поэтому его часто называют ЭЭГ-мониторинг дневного/ночного сна. Это исследование имеет большое значение для диагностики различных пароксизмальных состояний и нарушений в неврологии, в первую очередь в диагностике и дифференциальной диагностике эпилепсии.

## *Сон*

Сон — периодически возникающее физиологическое состояние, противоположное состоянию бодрствования, характеризующееся пониженной реакцией на окружающий мир, присущее млекопитающим, птицам, рыбам и некоторым другим животным, в том числе насекомым и головоногим моллюскам. Циклическое чередование сна и бодрствования необходимо для функционирования всех высших животных. В сон впадают все животные, имеющие нервную систему (причём даже те, у кого нейроны не централизованы), а сноподобное состояние, периодически возникающее раз в сутки или чаще, есть и у животных, не имеющих нейронов.

Сон жизненно важен для здоровья, настроения, умственной деятельности, качества работы и социальной жизни. Выявлено множество влияющих на сон факторов, в частности, настроение, индивидуальность, качество сна, хронотип, демографические данные (возраст, пол, доход), а также гомеостатическая потребность во сне.

## *Сновидение*

Сновидение — это субъективное восприятие образов (зрительных, слуховых, тактильных, вкусовых, обонятельных), возникающих в сознании у спящего человека. Сновидения происходят, в основном, в фазе быстрого сна когда активность мозга высока и напоминает бодрствование. Поскольку фаза быстрого сна обнаруживается у многих видов животных и у всех млекопитающих, явная связь сновидений с фазой быстрого сна привела к предположениям, что животные видят сны. Однако люди также видят сны во время других фаз сна, не являющегося фазой быстрого сна, и имеющиеся отчёты о сновидениях связаны не со всеми периодами быстрого сна. Для изучения сновидения необходимо сначала получить отчёт о воспоминаниях

субъекта о сновидении. Таким образом, сновидения не-людей в настоящее время недоказуемы, как и сновидения человеческих зародышей и довербальных младенцев.

## *Фазы сна*

Выделяют две основные фазы или типа сна - "быстрый" и "медленный". Помимо других важных параметров, очевидным и "терминообразующим" критерием разделения двух типов сна является отсутствие или наличие быстрых движений глаз (Rapid Eye Movements). Соответственно фазы называются REM и Non-REM (или NREM). Последний принято подразделять на 4 стадии. Таким образом, можно говорить всего о 5 стадиях сна, последовательно сменяющих друг друга с определенной периодичностью. Несмотря на характерные изменения ЭЭГ в различных стадиях, для их точной классификации обычно требуется дополнительно регистрация глазных движений (ЭОГ) и мышечной активности (ЭМГ), без которых особенно затруднительно или невозможно выделение REM сна.

## *Основные механизмы, влияющие на сон*

- Циркадные ритмы. Это лишь одна из разновидностей биоритмов, которые в контексте сна определяют режим бодрствования и ночного отдыха. Периоды циркадного ритма могут существенно отличаться у разных людей. Одни рано ложатся спать и уже рано утром высыпаются, другие — поздно и вставать рано не могут. Коррекция биологических часов осуществляется в супрахиазматическом ядре (СХЯ) передней доли гипоталамуса, который расположен над перекрестом зрительных путей мозга. Например, некоторые люди с повреждением СХЯ спят беспорядочно в течение дня, поскольку не могут сопоставить свои циркадные ритмы с циклом «свет-темнота».
- Мелатонин — гормон сна. Его концентрация постепенно нарастает с наступлением сумерек, достигая максимума к четырем-пяти утра. Затем его уровень медленно снижается, и человек просыпается. Даже неяркое на первый взгляд освещение может задержать синтез мелатонина и нарушить, таким образом, сон.
- Вегетативная нервная система (ВНС). Когда преобладает симпатическая составляющая ВНС, то ускоряется обмен веществ, затрудняется засыпание, и сон нарушается. Парасимпатическая нервная система помогает организму подготовиться к отдыху. У разных людей с разным типом высшей нервной деятельности ВНС работает по-разному.

## *Стадии фаз сна*

### **Non-REM сон**

- Стадия 1 (засыпание, дремота, сомноленция). Начальная стадия сна у взрослого человека, длится 5-10 минут. Мышечная активность снижается, глаза могут совершать медленные движения (slow rolling eye movements SREM). Основной ритм начинает замещаться тета-волнами, по амплитуде равными или превышающими альфа-ритм. В ЭЭГ могут регистрироваться острые вертексные волны, POSTS, изредка наблюдается гипнагогическая гиперсинхрония. В этой стадии могут отмечаться гипнагогические подергивания.

- Стадия 2 (неглубокий или легкий сон). Дальнейшее снижение тонической мышечной активности. Сердечный ритм замедляется, температура тела снижается. Глаза неподвижны, редкие SREM. В ЭЭГ доминируют тета волны и появляются характерные ЭЭГ паттерны 2-й стадии - сонные веретена и К-комплексы. Занимает в целом около 45-55% общего времени сна. Первый эпизод второй стадии длится около 20 минут.
- Стадии 3-4 (медленный, дельта сон). Период наиболее глубокого сна. Низкая ЭМГ активность, глаза неподвижны. В ЭЭГ доминируют высокоамплитудные дельта колебания. Стадия классифицируется как 3-я, если дельта волны занимают менее 50% анализируемой эпохи, и 4-я стадия - если дельта составляет более 50%. У здорового человека третья стадия занимает 5-8% и четвертая стадия еще около 10-15% общего времени сна. Первый эпизод дельта сна может длиться 30-40 минут. Именно в стадии дельта сна чаще всего отмечаются ночные страхи, сногворение и снохождение, энурез у детей.

### **REM сон**

- Фаза сна, которая ассоциируется с яркими сновидениями (последние могут возникать и в других стадиях, однако гораздо менее отчетливы). Характеризуется быстрыми движениями глаз, нерегулярной частотой сердечного ритма и дыхания, повышением артериального давления, общей мышечной атонией (возможны отдельные сокращения лицевой мускулатуры и конечностей). ЭЭГ десинхронна, появляются колебания альфа и бета диапазона, пилообразные волны. Электроэнцефалограмма отражает состояние активации и походит скорее на ЭЭГ 1-й стадии сна. Первый эпизод REM сна наступает через 70-90 минут от момента засыпания, длится 5-10 минут. По ходу сна длительность последующих эпизодов REM нарастает, достигая под утро нескольких десятков минут. У взрослого человека доля REM фазы составляет около 20-25% общего времени сна.

### ***Циклы сна и гипнограмма***

У здорового человека сон начинается с первой стадии, которая длится 5-10 минут. Затем наступает 2-я стадия, которая продолжается около 20 минут. Еще 30-45 минут приходится на период 3-4 стадий. После этого спящий снова возвращается во 2-ю стадию, после которой возникает первый эпизод REM сна, который имеет короткую продолжительность - около 5 минут. Вся эта последовательность называется циклом. Первый цикл имеет длительность 90-100 минут. Затем циклы повторяются, при этом уменьшается доля медленного сна и постепенно нарастает доля REM сна, последний эпизод которого в отдельных случаях может достигать 1 часа. В среднем, при полноценном здоровом сне отмечается пять полных циклов. Последовательность смены стадий и их длительность удобно представлять в виде гипнограммы, которая наглядно отображает структуру сна пациента.

### ***Применение ЭЭГ сна в мед. сфере***

ЭЭГ сна часто используют для определения таких проблем как:

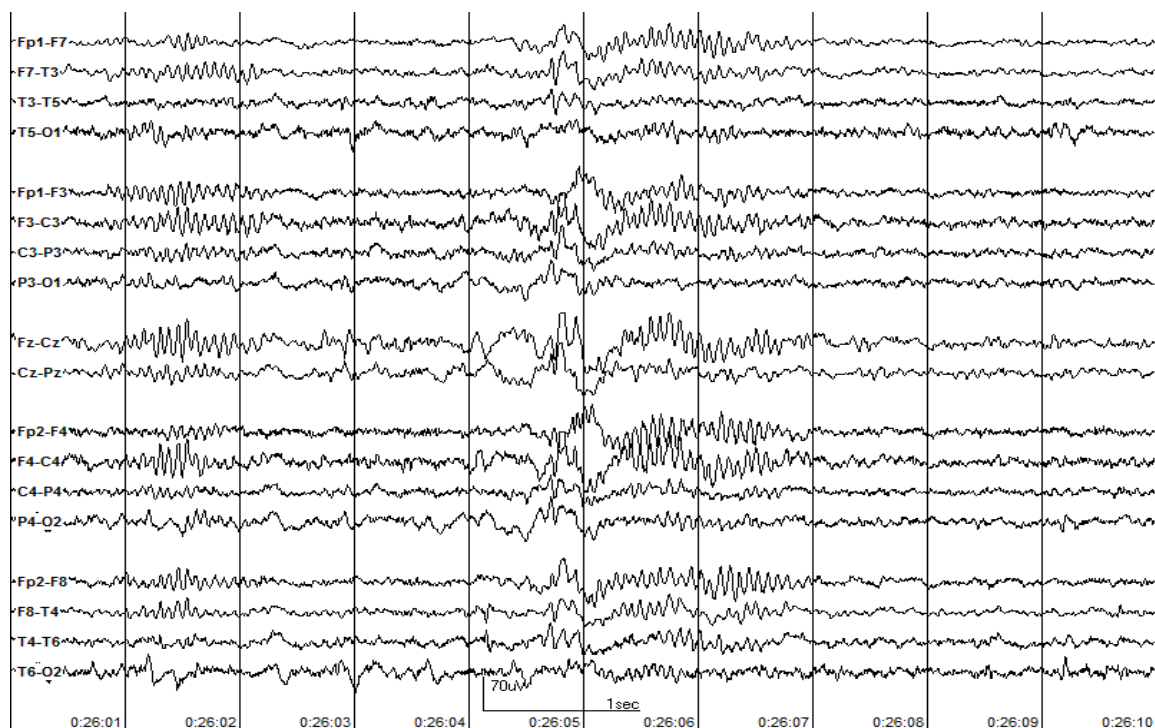
- ◆ чрезмерная двигательная активность;
- ◆ частые пробуждения во сне;
- ◆ эпилепсия с приступами во сне;
- ◆ эпилепсия с дневными приступами;
- ◆ недержание мочи во сне и другие неврозоподобные расстройства;
- ◆ аутизм;

- ◆ заикание;
- ◆ задержка психического и/или речевого развития;
- ◆ речевая патология неуточненного происхождения.

На данное обследование можно записаться в некоторые клинки, предоставляющие такую возможность. Важно отметить, что во время мониторинга дневного и ночного сна энцефалограф не вырабатывает вредные излучения, поэтому процедура абсолютно безопасна и не имеет ограничений по периодичности проведения

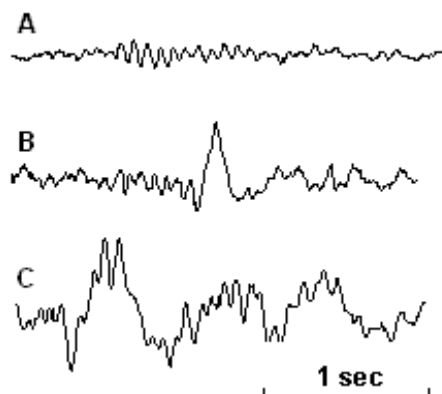
## *Веретена сна*

Вспышки волн частотой 11-15 Гц (как правило, 12-14 Гц), обычно диффузных, но с большей амплитудой в центральных областях, возникающие во время сна. Амплитуда варьирует, составляя у взрослых обычно менее 50  $\mu V$ . Характерно постепенное нарастание с последующим уменьшением амплитуды, отчего этот паттерн и получил название веретен.



(Веретена сна в отдельности и в сочетании с К-комплексами.)

Впервые описаны Berger (1933), однако классическое определение было дано Loomis AL et al. (1935). Сонные веретена возникают обычно во 2-й стадии сна и наряду с К-комплексами являются ее наиболее характерными маркерами. Длительность веретен в среднем составляет от 0.5 до 1.5 секунд. Амплитуда в диапазоне 20-100 мкВ (в среднем до 50 мкВ). Максимальны в области вертекса, иногда со сдвигом в лобные отделы. Редко встречаются так называемые "гигантские" веретена с большой амплитудой и длительностью несколько десятков секунд. Веретена сна встречаются изолированно или в сочетании с другими ЭЭГ паттернами NREM сна



(Веретена сна. А - изолированное веретено, В - веретено с вертексной волной (отведение Cz-A1), С - веретено с К-комплексом)

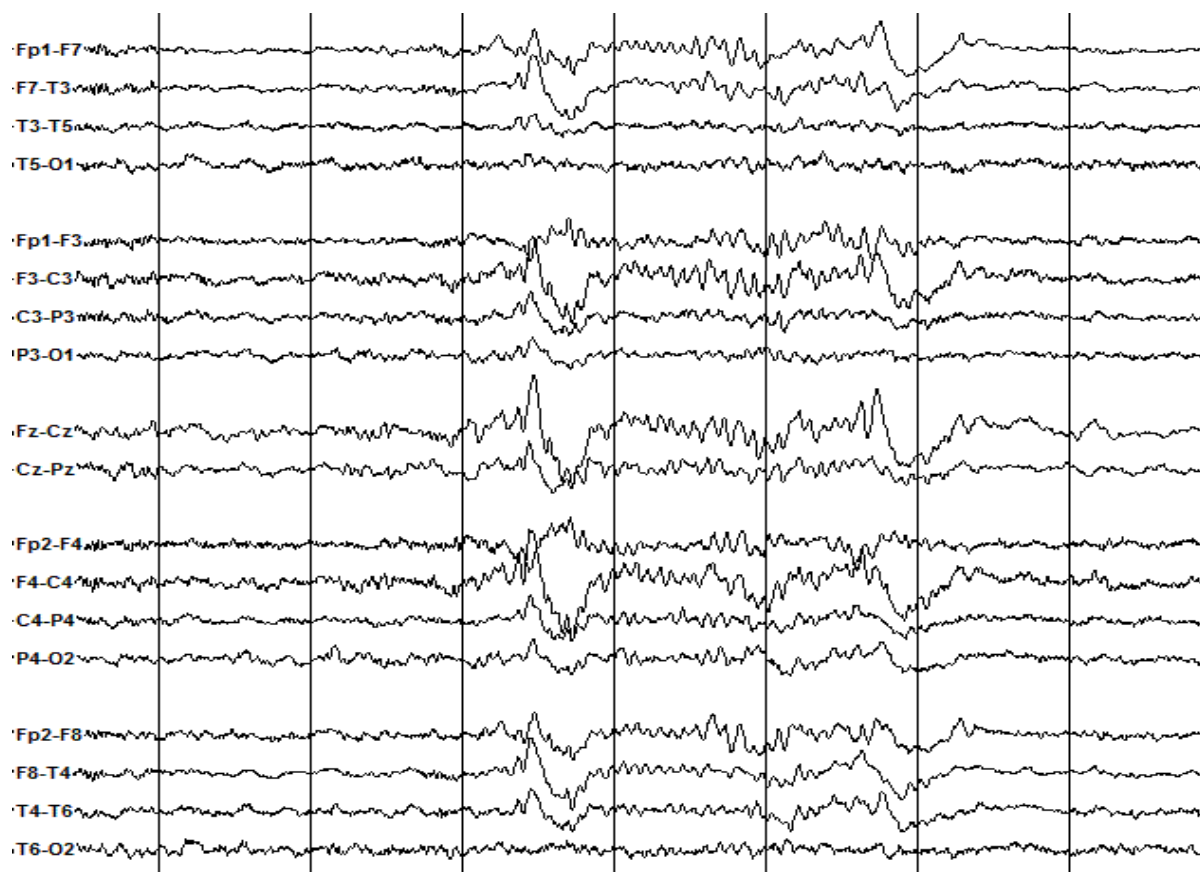
У младенцев первые веретена регистрируются на 4-7 неделе после рождения, билатеральные, но асинхронные. В первые месяцы веретена имеют невысокую амплитуду, может отмечаться «заостренность» негативных и «закругленность» позитивных фаз. Веретена окончательно формируются и становятся билатерально синхронными к 2-м годам. В детском возрасте могут регистрироваться независимо два типа сонных веретен: частотой 11-12.5 Гц с максимумом в лобных отделах и частотой 13-14 Гц с максимумом в центрально-теменных отделах.

Веретена генерируются в таламусе, непосредственно в его ретикулярных клетках.. В последние десятилетия интерес к изучению веретен сна усилился в связи с выдвинутой таламокортикальной гипотезой генеза первично-генерализованных эпилептических приступов. В этой связи интенсивно разрабатывается модель эпилептогенеза как трансформации сонных веретен в разряды 3 Гц комплексов спайк-медленная-волна.

### ***К-комплекс***

Разряд, появляющийся непостоянно, состоящий в основном из высокоамплитудной негативной медленной волны, за которой следует меньшая позитивная медленная волна. К-комплекс часто возникает в паре с сонными веретенами. Амплитуда, как правило, максимальна в передней вертексной области. К-комплексы возникают во время NREM-сна, спонтанно или в ответ на неожиданные сенсорные стимулы, и не являются специфическими для какой-либо сенсорной модальности.





(К-комплекс)

К-комплексы возникают обычно во 2-й стадии сна и наряду с сонными веретенами являются ее наиболее характерными маркерами. Возможно спонтанное появление отдельных К-комплексов в 3-й стадии. Амплитуда К-комплексов более 100 микровольт, длительность колебания более 0.5 секунды. В некоторых случаях вершина негативной волны может быть заостренной. Распределение по полушариям симметричное, с преобладанием в передних отделах. Иногда за К-комплексом следует разряд генерализованных альфа или тета-колебаний

Первоначально К-комплексы были описаны как ЭЭГ ответ на акустический стимул и лишь позднее обнаружилось, что они являются неотъемлемым паттерном ЭЭГ сна. Отмечено, что частота возникновения К-комплексов зависит от глубины сна - чем больше глубина сна в тот или иной цикл сна, тем больше частота появления К-комплексов во 2-й стадии того же сонного цикла. Соответственно, поскольку глубина сонных циклов снижается на протяжении ночи, уменьшается частота возникновения К-комплексов.

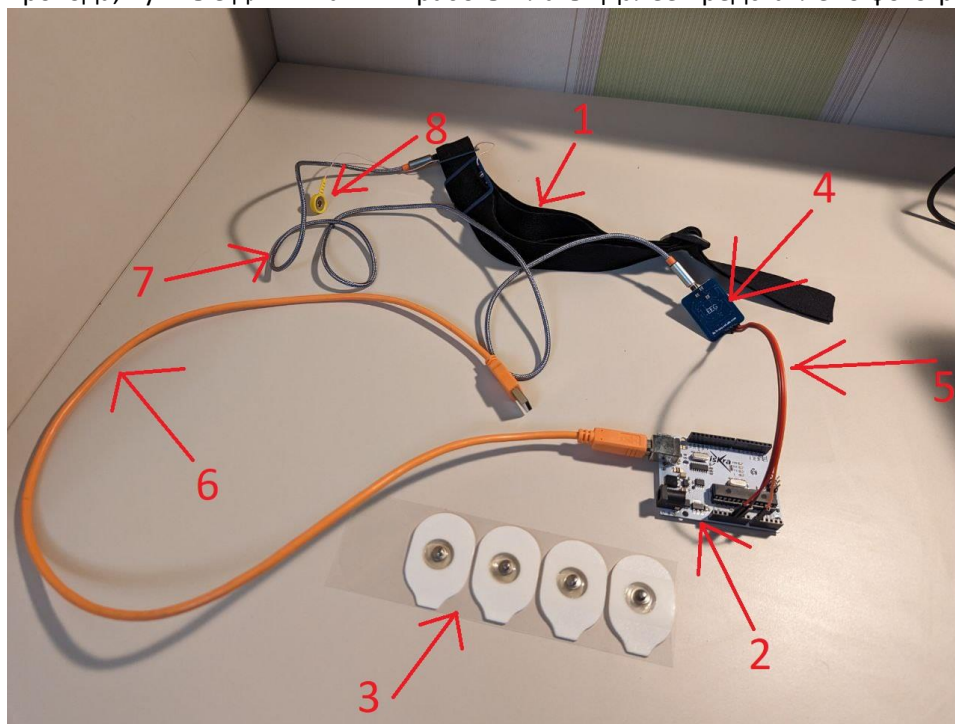
Некоторые исследователи считают, что "спонтанные" К-комплексы на самом деле являются ответом центральной нервной системы на эндогенные "стимулы" во время сна. В ряде работ описана возможная связь К-комплексов с изменениями сердечно-сосудистой деятельности.

Являясь нормальным физиологическим феноменом, К-комплексы у **пациентов с эпилепсией** могут иногда включать в свою структуру спайки и острые волны. У пациентов с идиопатической генерализованной эпилепсией во время сна пробуждающие стимулы могут вызывать появление К-комплексов со спайками (феномен дисгормии, **dyshormia**, или аномального пробуждения). Исследования показывают наличие спайков в структуре К-комплексов не только при генерализованной, но и при фокальной эпилепсии.

## II. Конструкторский раздел

### Аппаратура

Для получения данных использовано оборудование [BiTronics Lab “Юный Нейромоделист”](#). Ниже будет представлена вся база проекта, а именно из чего она состоит и какие функции выполняет. Arduino uno - плата микроконтроллера с открытым исходным кодом, основанная на микроконтроллере Microchip ATmega328P, разработанная Arduino.cc и первоначально выпущенная в 2010 году. Электроды для ЭЭГ — датчики, которые позволяют регистрировать и описывать сигналы активности головного мозга. Одноканальный модуль ЭЭГ - основной элемент, через который обрабатываются сигналы мозга. Ободок для ЭЭГ - специальный инструмент, ловящий сигналы мозга, обрабатываемые модулем ЭЭГ. Провода - обычные провода, нужные для питания и работы платы. Далее представлено фотография оборудования:



1. Ободок для ЭЭГ
2. Arduino Uno
3. Электроды для ЭЭГ
4. Одноканальный модуль ЭЭГ
5. Провода, соединяющие плату с модулем ЭЭГ
6. Провод, соединяющий плату с компьютером
7. Провод, соединяющий модуль ЭЭГ с ободком
8. Специальный проводок, подсоединяющийся к электроду и ободку

### Считываемая активность (dataset)

Мой проект будет регистрировать такие активности во сне как: движения рук и ног, движения корпуса, движения головы, кашель. Было принято решение сделать гибкий dataset, который состоит из n-оного количества каталогов - активностей, которые может записать сам пользователь. Стандарт записи каталога - 15 файлов, записанных по 15 секунд (погрешностью)

времени можно пренебречь). В стандартном dataset'e будут использованы 5 категорий, описанных сверху. Логика данного дополнения проста: при вводе своей записи .csv в моё приложение, с помощью некоторых функций обрабатывается среднее арифметическое векторов из всех каталогов, получая и сохраняя значения, а далее они сравниваются по расстоянию за счёт алгоритма Евклидова расстояния с вектором, который вводит пользователь. После всех расчётов и занесения данных в тепловую карту, получается 5 значений - минимальное из них и есть искомое. Примеры каталогов и их содержимого будут представлены ниже:

Каталоги:

golova	2024-01-13 23:10	File folder
kashel	2024-01-13 23:11	File folder
korpus	2024-01-13 14:45	File folder
noga	2024-01-13 23:12	File folder
ruka	2024-01-13 14:53	File folder

Пример

содержимого:

Name	Date modified	Type	Size
noga 1.jmov	2024-01-13 14:54	JMOV File	30 KB
noga 1_A1.csv	2024-01-13 14:54	Электронная таб...	115 KB
noga 2.jmov	2024-01-13 14:54	JMOV File	30 KB
noga 2_A1.csv	2024-01-13 14:54	Электронная таб...	117 KB
noga 3.jmov	2024-01-13 14:55	JMOV File	30 KB
noga 3_A1.csv	2024-01-13 14:55	Электронная таб...	116 KB
noga 4.jmov	2024-01-13 14:55	JMOV File	30 KB
noga 4_A1.csv	2024-01-13 14:55	Электронная таб...	114 KB
noga 5.jmov	2024-01-13 14:56	JMOV File	30 KB
noga 5_A1.csv	2024-01-13 14:56	Электронная таб...	117 KB
noga 6.jmov	2024-01-13 14:57	JMOV File	30 KB
noga 6_A1.csv	2024-01-13 14:57	Электронная таб...	115 KB
noga 7.jmov	2024-01-13 14:57	JMOV File	30 KB
noga 7_A1.csv	2024-01-13 14:57	Электронная таб...	116 KB
noga 8.jmov	2024-01-13 14:58	JMOV File	30 KB
noga 8_A1.csv	2024-01-13 14:58	Электронная таб...	117 KB
noga 9.jmov	2024-01-13 14:58	JMOV File	30 KB
noga 9_A1.csv	2024-01-13 14:58	Электронная таб...	117 KB
noga 10.jmov	2024-01-13 14:59	JMOV File	30 KB
noga 10_A1.csv	2024-01-13 14:59	Электронная таб...	117 KB
noga 11.jmov	2024-01-13 14:59	JMOV File	30 KB
noga 11_A1.csv	2024-01-13 14:59	Электронная таб...	115 KB
noga 12.jmov	2024-01-13 15:00	JMOV File	31 KB
noga 12_A1.csv	2024-01-13 15:00	Электронная таб...	118 KB
noga 13.jmov	2024-01-13 15:00	JMOV File	30 KB
noga 13_A1.csv	2024-01-13 15:00	Электронная таб...	116 KB
noga 14.jmov	2024-01-13 15:01	JMOV File	30 KB
noga 14_A1.csv	2024-01-13 15:01	Электронная таб...	115 KB
noga 15.jmov	2024-01-13 15:01	JMOV File	31 KB
noga 15_A1.csv	2024-01-13 15:01	Электронная таб...	118 KB

## График и запись данных

Считывать и анализировать данные графика возможно через официальное приложение BiTronics Lab используя кнопку записи, по окончании записи файл сохраняется в нужном

каталоге dataset'a. Для лучшего восприятия графика используется фильтр, настройки которого: тип фильтра - низких частот, min частота - 0.1, max частота - 7.59. Также для удобства была добавлена разметка, указывающая период от 0 до 15 секунд, так как именно этот тайминг используется по умолчанию в dataset'e.

## III. Технологический раздел

### *Сборка*

Проект собран на основе платы Arduino Uno, которая подключается через разъём USB к компьютеру. К плате подключен модуль ЭЭГ (+ в 5V, - в GND, OUT в A1), к которому через провод передаются данные активности мозга с ободка ЭЭГ. Важно зафиксировать ободок ровно на затылке, чтобы сигнал передавался лучше всего. После правильного крепления электрода над костью черепа за ухом сборка завершена. Далее будут представлены фотографии, показывающие внешний вид готового проекта, подключенного к ноутбуку, а также крепление ободка на черепе человека с правильным положением электрода.

Фото собранного и готового к работе оборудования:

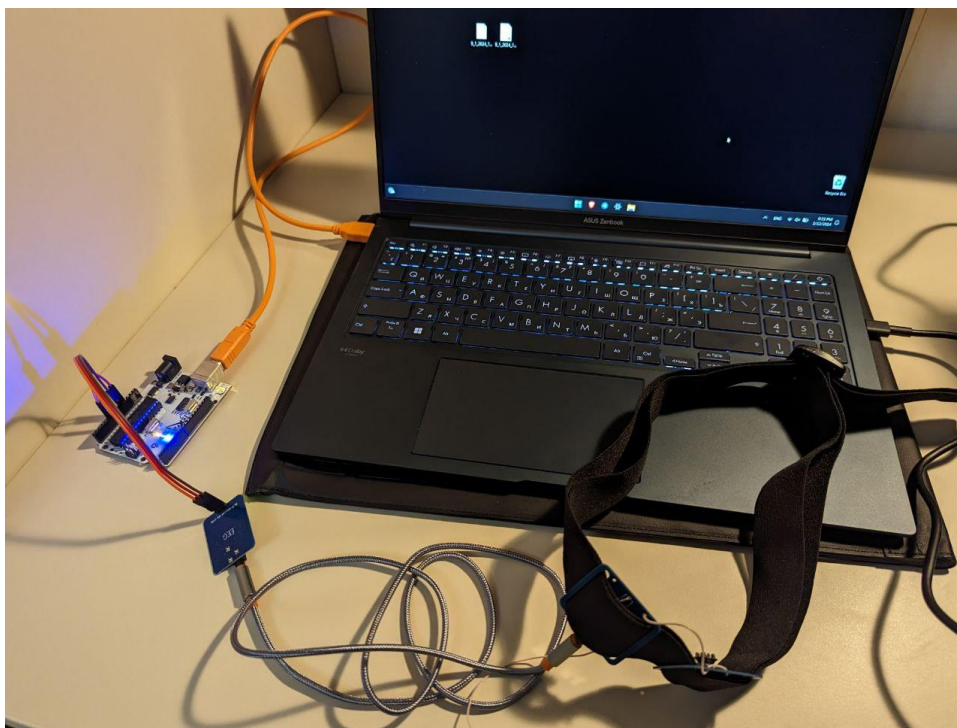
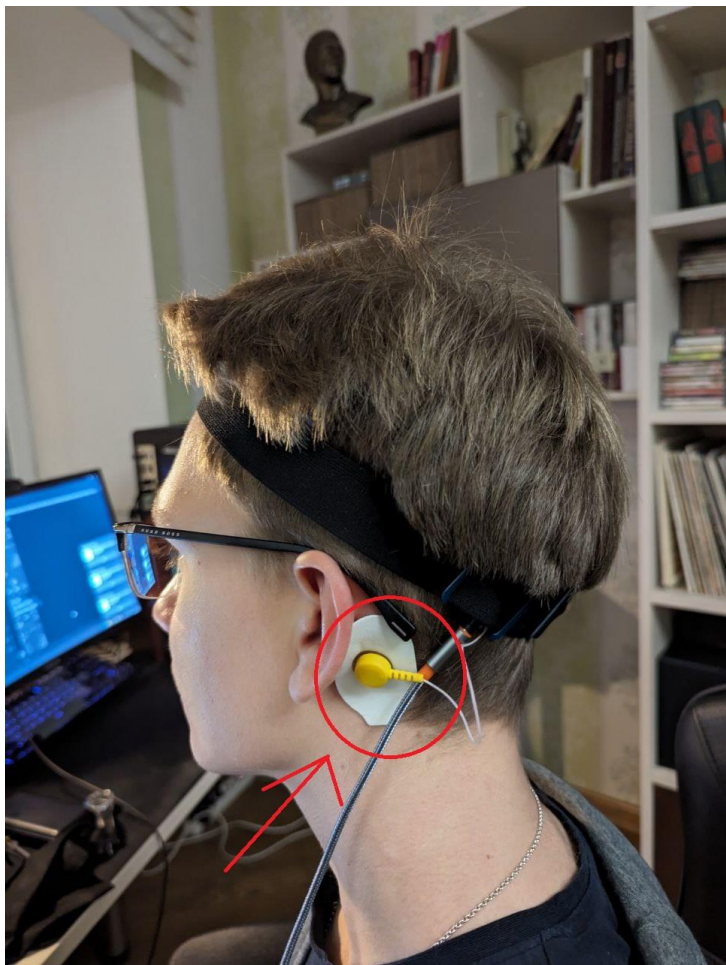


Фото-подсказка правильного крепления электрода:





## Запуск

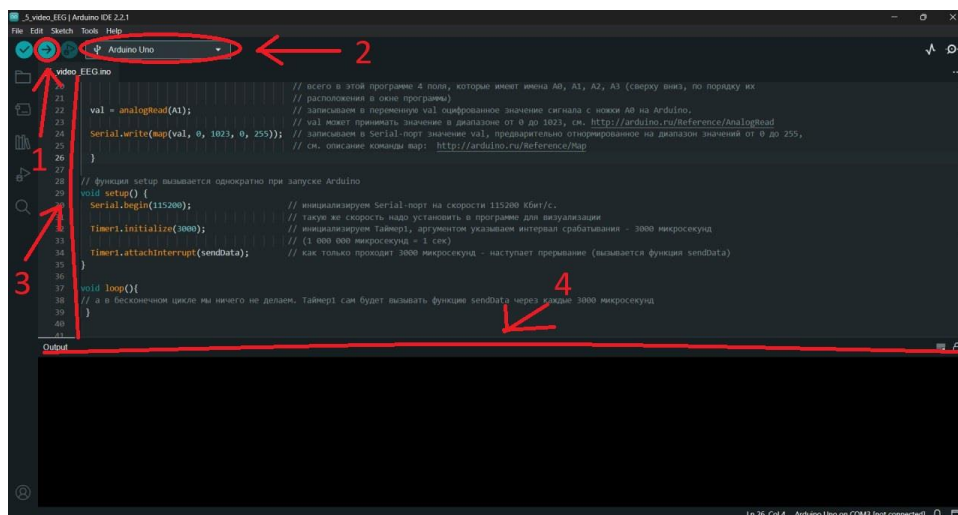
Чтобы начать видеть сигнал необходимо запустить файл, предоставленный BiTronics Lab под названием `_5_video_EEG.ino` в IDE Arduino, предварительно выбрав плату. Также важно скачать и установить нужные библиотеки для правильной работы оборудования, такие как: `TimerOne`, `FFT`. Ниже будут представлены фотографии интерфейса программ Arduino IDE и BiTronics Lab с описанием их интерфейса.

Приложение BiTronics Lab, которое пишет данные:



1. Кнопка для записи
2. Кнопка для добавления фильтров
3. График активности за 15 секунд
4. Разметка 15 секунд
5. Кнопка для запуска
6. Пункт для просмотра метрик ЭЭГ
7. Панель настроек работы

Приложение Arduino IDE:



1. Кнопка для запуска
2. Кнопка для выбора платы
3. Область кода
4. Область консоли

## Код и алгоритмы

Основная логика всех вычислений написана на языке Python в IDE Visual Studio Code с использованием библиотек `os`, `csv`, `math`, `PyQt` (установка выполняется через `pip install -r requirements.txt`). Далее будут перечислены все важные функции и их объяснения с примерами. Функция `csvToVec` за счёт библиотеки `csv` открывает файл формата `.csv` и возвращает его в векторном виде, принимает на вход путь до файла. Функция `measureEuclid` представляет собой алгоритм Евклидова расстояния, возвращая расстояния между двумя передающимся в неё векторами. Функция `getSrVec` предназначена для определения среднего вектора из файлов каталога `dataset'a`, принимает на вход список вектора всех файлов из каталога. Функция `getListVecs` является вспомогательной для `getSrVec`, берёт на вход путь к каталогу из `dataset'a`, а возвращает все вектора этого каталога в `getSrVec`, для получения одного универсального среднего вектора категории, который в дальнейшем будет использоваться для сравнения с вектором введённым пользователем. Функция `main`, которая принимает на вход вектор, датасет (`Istvec`) и параметр алгоритмизации. Также есть список всех средних векторов из `dataset'a`, он называется `dataset`.

```
def csvToVec(fname):
    arr = []
    with open(fname, 'r', newline='') as csvfile:
        spamreader = csv.reader(csvfile, delimiter=';', quotechar=' ')
```

```

    for row in spamreader:
        r = list(map(float, row))
        arr.append(r[0])
        arr.append(r[1])
    return (arr)

```

Функция csvToVec

```

def measureEuclid(v1, v2):
    dist = 0
    for i in range(0, min(len(v1), len(v2))):
        dist += (v1[i]-v2[i])**2
    return (math.sqrt(dist))

```

Функция measureEuclid

```

def getSrVec(listVec):
    m = len(listVec[0])
    for vec in listVec:
        if (len(vec) < m):
            m = len(vec)
    srVec = [0]*m
    for i in range(m):
        for vec in listVec:
            srVec[i] += vec[i]
        srVec[i] /= len(listVec)
    return (srVec)

```

Функция getSrVec

```

def getListVecs(directory):
    files = list(filter(lambda x: x.endswith('.csv'), os.listdir(directory)))
    listVec = list(map(lambda x: csvToVec(directory+'\\'+x), files))
    return getSrVec(listVec)

```

Функция getListVecs

```

def main(vec, lstvec, param):
    ans = []
    cnt = 0
    label_lst = ['golova', 'noga', 'ruka']
    for el in lstvec:
        ans.append(param(vec, el))
        cnt += 1
    answer = min(ans)
    print(label_lst[ans.index(answer)])
    return ans

```

Функция main

```

dataset = [getListVecs('C:\Programming\py\EEGsleap\dataset\golova'),
            getListVecs('C:\Programming\py\EEGsleap\dataset\kashel'),
            getListVecs('C:\Programming\py\EEGsleap\dataset\korpus'),
            getListVecs('C:\Programming\py\EEGsleap\dataset\noga'),

```



```
getListVecs('C:\Programming\py\EEGsleep\dataset\\ruka')
]
```

Список средних векторов dataset'a

```
/*
EEG
Оцифровывает сигнал с сенсора электроэнцефалограммы (electroencephalogram - EEG), подключенного ко
входу A1
платы Arduino и отправляет для отображения в программу визуализации от BiTronics,
скачать ее можно тут: http://www.bitronicslab.com/guide/
Справочник по командам языка Arduino: http://arduino.ru/Reference
*/

#include <TimerOne.h> // подключаем библиотеку TimerOne для задействования функций Таймера1
/* предварительно данную библиотеку надо установить, для чего скачиваем ее
на странице http://www.bitronicslab.com/guide/ , распаковываем архив и помещаем папку TimerOne
внутрь папки libraries, находящейся тут: "Мои документы/Arduino/libraries"
Подробнее о TimerOne см. тут: http://robocraft.ru/blog/arduino/614.html */

int val = 0; // переменная для хранения оцифрованного значения
сигнала

// функция sendData вызывается каждый раз, когда срабатывает прерывание Таймера1 (проходит заданное
число микросекунд)
void sendData() {
    Serial.write("A1"); // записываем в Serial-порт имя поля в программе для
визуализации, куда надо выводить сигнал // всего в этой программе 4 поля, которые имеют имена
A0, A1, A2, A3 (сверху вниз, по порядку их // расположения в окне программы)
    val = analogRead(A1); // записываем в переменную val оцифрованное значение
сигнала с ножки A0 на Arduino. // val может принимать значение в диапазоне от 0 до
1023, см. http://arduino.ru/Reference/AnalogRead
    Serial.write(map(val, 0, 1023, 0, 255)); // записываем в Serial-порт значение val, предварительно
отнормированное на диапазон значений от 0 до 255, // см. описание команды map:
http://arduino.ru/Reference/Map
}

// функция setup вызывается однократно при запуске Arduino
void setup() {
    Serial.begin(115200); // инициализируем Serial-порт на скорости 115200 Кбит/с.
// такую же скорость надо установить в программе для
визуализации
    Timer1.initialize(3000); // инициализируем Таймер1, аргументом указываем интервал
срабатывания - 3000 микросекунд // (1 000 000 микросекунд = 1 сек)
    Timer1.attachInterrupt(sendData); // как только проходит 3000 микросекунд - наступает
прерывание (вызывается функция sendData)
}

void loop(){
// а в бесконечном цикле мы ничего не делаем. Таймер1 сам будет вызывать функцию sendData через
каждые 3000 микросекунд
}
```

Файл \_5\_video\_EEG.ino

## Реализация

Конечной формой моего проекта будет приложение, написанное на PyQt, имеющее минималистический дизайн, содержащий две информационные таблицы и кнопку, которая принимает .csv файл и после рассчитывает все значения для отображения их в таблицах. Ниже представлен пример:

Qt eegsleep - eegsleepform.ui\*

Type Here

### Данные из dataset'a

	голова	кашель	корпус	нога	рука
значение					

### Результат

	значение	ответ
ВВОД .CSV		

Рассчитать

## IV. Исследовательский раздел

### *Точность распознавания*

Это является важной темой, относящейся к моему проекту. Так как в данной исследовательской работе используется оборудование лишь с одним одноканальным модулем ЭЭГ, точность распознавания не может быть равна 100%, но я нашёл решение данной проблемы. Дело в том, что результат напрямую зависит от средних значений векторов из dataset'a, тем самым означает, что чем больше записей - тем выше точность. Пользователь может гибко изменять dataset, в соответствии получая разный % точности. Чем больше файлов с тестами - тем лучше результат.

Таблица 1 - Значения ИП, ИО, ЛП, ЛО каждого вида активности

Вид активности	Истинно положительное	Истинно отрицательное	Ложно положительное	Ложно отрицательное
Голова	0	24	1	5
Кашель	1	15	10	4
Корпус	1	19	6	4
Нога	0	23	2	5
Рука	1	22	3	4

Таблица 2 - Значения ИП, ИО, ЛП, ЛО каждого вида активности кроме кашля

Вид активности	Истинно положительное	Истинно отрицательное	Ложно положительное	Ложно отрицательное
Голова	0	19	1	5
Корпус	1	8	12	4
Нога	1	18	2	4
Рука	1	18	2	4

Таблица 3 - Значения ИП, ИО, ЛП, ЛО каждого вида активности кроме кашля и корпуса

Вид активности	Истинно положительное	Истинно отрицательное	Ложно положительное	Ложно отрицательное
Голова	2	12	3	3
Нога	2	12	3	3
Рука	2	12	3	3

### *Вывод*

Активности корпуса и кашля схожи со всеми классами, что мешает однозначному распознаванию. При устранение этих классов точность определения головы, ноги и руки возрастают до 40%.

## Список литературы

1. Волкова Л. Л. / Строганов Ю. В. Об ассоциативных бинарных мерах близости документов: классификация и приложение к кластеризации С. 12.
2. А. Г. Бурятин Визуальная ЭЭГ [http://eeg-online.ru/sleep/sleep\\_eeg.htm](http://eeg-online.ru/sleep/sleep_eeg.htm)
3. Arduino.ru `map(value, fromLow, fromHigh, toLow, toHigh)`  
<https://arduino.ru/Reference/Map>
4. Арзамасцев С. А. / Багатов М. В. / Картышев Е. В. / Деркунский В. А. / Семенчиков Д. Н. Предсказание оттока абонентов: сравнение методов машинного обучения С. 19
5. Arduino.cc `fix_fft` [https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/fix\\_fft/](https://www.arduino.cc/reference/en/libraries/fix_fft/)