

Санкт-Петербургский государственный университет

Системное программирование

Группа 22.М07-мм

## Отчёт по учебной практике

*Беллюсейский Валентин Дмитриевич*

Отчёт по учебной практике  
в форме «Сравнение»

Научный руководитель:  
старший преподаватель кафедры информационно-аналитических систем, Р. Ш. Азимов

Консультант:  
доцент факультета безопасности информационных технологий «ИТМО» А. Р. Ханов

Санкт-Петербург  
2022

# Оглавление

<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>1. Постановка задачи</b>	<b>5</b>
<b>2. Обзор</b>	<b>6</b>
2.1. Тематика . . . . .	6
2.2. Управление компьютером через нейроинтерфейс . . . . .	6
2.3. Обзор существующих нейро-интерфейсов . . . . .	9
<b>3. Метод</b>	<b>16</b>
<b>4. Эксперимент</b>	<b>17</b>
4.1. Условия эксперимента . . . . .	17
4.2. Исследовательские вопросы (RQ) . . . . .	17
4.3. Метрики . . . . .	17
<b>Заключение</b>	<b>19</b>
<b>Список литературы</b>	<b>20</b>

# Введение

Больше информации можно найти на слайдах В. Беллюсейского [1].

В мире существует серьёзная потребность на облегчение ручного, человеческого труда. В особенности его автоматизации, для увеличения как скорости, так и качества выполняемой работы. Человеческий организм - сложнейшая система, построенная природой, достигшая невообразимых успехов за своё не долгое существование. Но когда существо проходит путь своего развития до подобных высот, появляется потребность в реорганизации всех процессов, которые способствуют дальнейшему улучшению условий жизни. К примеру, мелкие процессы должны быть автоматизированы, дабы перебросить все имеющиеся квалифицированные мощности на более важные этапы производственного процесса. Так же не редки ситуации, когда человек лишается дееспособности по причине производственной травмы или иной, не совместимой с физическим исполнением собственных обязанностей. В каждом из вышеперечисленных случаев требуется длительная терапия и значительное ограничение круга возможной рабочей деятельности, которую способен исполнять индивид. Нейро-интерфейсы, в свою очередь, призваны решать эти проблемы, даруя людям возможности заниматься любой деятельностью, по средствам удалённого контроля исполнительных механизмов.

Brain-Computer Interface (BCI)(нейро-интерфейс) - это технология, в которой электрические импульсы, генерируемые в головном мозге, используются для управления внешними устройствами для взаимодействия с окружающим миром. Головной мозг - это сложнейшая часть тела человека. Он порождает мысли, контролирует действия и усваивает опыт. Во время возбуждения нейронов ,нейромедиаторы высвобождаются из аксонов первого нейрона в дендриты второго, генерируя при этом реакцию на стимулы. Это приводит к генерации электрических импульсов, разность потенциалов которых измеряется электродами и может использоваться для выполнения контрольных приложений.

Существующее оборудование требует точной настройки, для чего необ-

ходимо работать с физической версией устройства, снимающей необходимые показания. Для реализации проекта используется электроэнцефалограф Emotiv EPOC+, необходимый для считывания показателей мозговой активности. Однако необходимо правильно отделять данные с которыми требуется работать от остального многообразия человеческого мозга.

Качество записываемых данных и их предварительная обработка пропорционально влияет на конечную точность восприятия команд системой, одним из самых существенных факторов является вид представления данных. Различные раздражители способны некоторым образом искажать необходимую информацию для работы, что может приводить к непредвиденным ситуациям в работе. Выбор конечного представления данных сыграет важную роль не только в их хранении с последующим анализом, но и в калибровке аппаратной части проекта. Реализацию предполагается производить на языке Python, по скольку для него уже созданы и поддерживаются необходимые библиотеки для взаимодействия с подобными интерфейсами.

Для решения данных проблем планируется создать удобный UI, провести серию экспериментов, которые дадут полную картину восприятия программой мозговых волн и позволят определить значимость различных раздражителей на оператора в процессе работы и протестировать оптимальность методов хранения информации. В рамках данной работы и будут рассматриваться решения этих задач.

# 1. Постановка задачи

Целью работы является реализация решения, управления виртуальной клавиатурой по средствам нейроинтерфейса Emotiv EPOC+.

Для её выполнения были поставлены следующие задачи:

1. Изучить предметную область, отвечающую за работу с данными ЭЭГ и сравнить методики реализации концептуально схожих идей;
2. Установить опытным путём, как различные раздражители влияют на качество входных данных и нивелировать их влияние при необходимости, для чего экспериментально требуется определить F меру;
3. Спроектировать решение, позволяющее обеспечить интуитивно понятное взаимодействие приложения с пользователем;
4. Апробировать внедрённые решения;

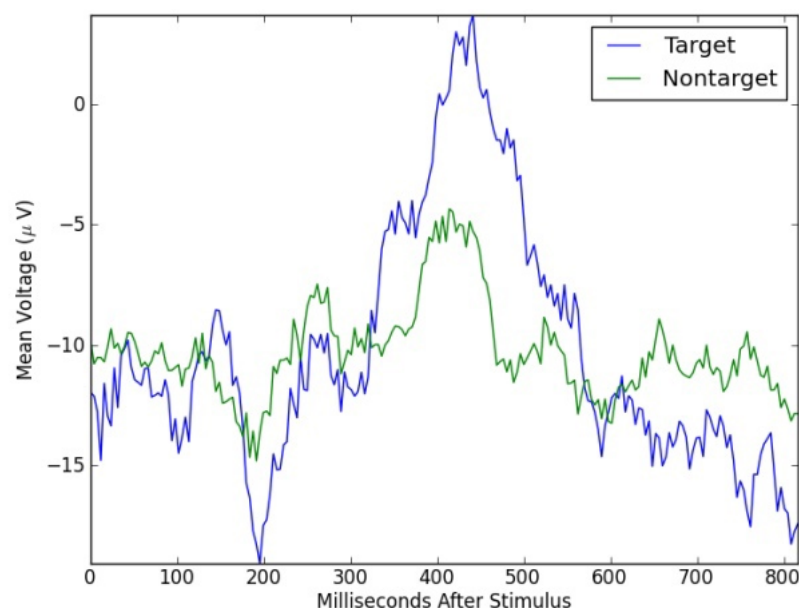
## **2. Обзор**

### **2.1. Тематика**

Мозг человека неоднороден по своей структуре — разные доли мозга отвечают за различные функции. Именно по этой причине для снятия ЭЭГ используется несколько датчиков, расположенных в местах, соответствующих разным областям мозга. Создание подвидов ПО и аппаратов, работающих благодаря ВСИ - процесс достаточно трудоёмкий. Из-за неоднородности структуры человеческого мозга используется дорогостоящее оборудование, однако, даже закупив все необходимые датчики требуется не только настроить каждый из них, но и обеспечить их тандемную работу, корректируя процесс приёма мозговых волн и их последующей обработки, поэтому многие разработчики, в качестве прототипов, способны создавать различные решения для выполнения поставленных задач. Далее представлена выборка подобных проектов.

### **2.2. Управление компьютером через нейроинтерфейс**

Проект реализован на основе потенциала Р300, специфическом отклике мозга на некоторый визуальный стимул, возникающий спустя 300мс. Важным аспектом потенциала становится простота его стимуляции, при которой возможно гарантированно получить необходимый сигнал.



Img 1: P300 signal type

Использование P300 предполагает наличие четырёх этапов:

- Предобработка - фильтрование и сглаживание необходимых частот.
- Сегментация - разбиение цельного сигнала на необходимые зоны.
- Усреднение измерений стимулов.
- Использование дихотомического классификатора для нахождения P300 в сегменте.

Учитывая, что артефакты на ЭЭГ способны вызвать любые физиологические процессы, к примеру биение сердца, рекомендуется использовать методы главных или независимых компонент (PCA или ICA соответственно), чтобы исключить таковые из дальнейшей обработки.

- PCA - (Principal component analysis) - фильтрует сигналы, по средствам уменьшения количества набора данных, ищета линейно независимые измерения, способные практически без потерь представлять необходимые данные.

- ICA - (Independent Component Analysis) - фильтрует сигналы, разделяя их на артефакты с большей и смысловые части с меньшей амплитудами.

Кроме того, существуют параметры, которые не зависят от психического состояния испытуемого, что невеличивает огромное количество связанных помех:

- Количество повторений стимула - чем больше параметр, тем выше точность, но и затраты времени так же увеличатся.
- Расстояние между стимулами - (TTI - target to target interual) - чем меньше параметр, тем менее заметны возникающие потенциалы, однако время обработки так же снижено.
- Классы - чем параметр меньше, тем выше вероятность возникновения соответствующего стимула, что так же сделает его менее выраженным.

В проведённых опытах предпочтение было отдано ICA, поскольку он не требует дополнительной предобработки сигнала, для его успешной реализации. Данный алгоритм старается 'отшлифовать' известное распределение, до рабочих значений, в отличие от PCA, который старается извлечь ограниченный набор конкретных данных. При проведении экспериментов, лучший результат был достигнут при использовании связки LDA, ICA, в качестве параметров сессии были заданы значения:

- TTI - 100мс;
- Количество повторений - 15;
- Количество классов - 12;

Как итог были достигнуты результаты:

- Точность - 91%;
- Затраченное время - 18сек;



## 2.3. Обзор существующих нейро-интерфейсов

### 2.3.1. Очки ЭОГ

Методика основанна на слежении за движениями глаз по средствам слияния акселерометра и ЭОГ (Электроокулограммы). Само устройство, несмотря на свою гибридность, является достаточно компактным и имеет достаточно 'низкий порог входа', что упрощает пользование устройством людьми в возрасте. Благодаря достижениям в области неврологии и психологии было совершено немало важных открытий в области визуальной обработки. К примеру были выявлены основные типы движения глаз:

- Скадда - Одновременное движение глаз из одной точки в другую.
- Следование - Слежение объектами.
- Вергенция - Одновременное движение глаз в противоположные стороны.
- Вестибулоокулярные - Фиксация взгляда на объекте при движениях головы.

Так же, экспериментально было доказано, что глазное яблоко является объектом поляризованным. Роговица имеет положительный заряд, а сетчатка отрицательный. Связанно это с большей интенсивностью метаболизма в передней части глаза. Таким образом глаз выступает одиночным диполем, система же определяет положение такового относительно головы.

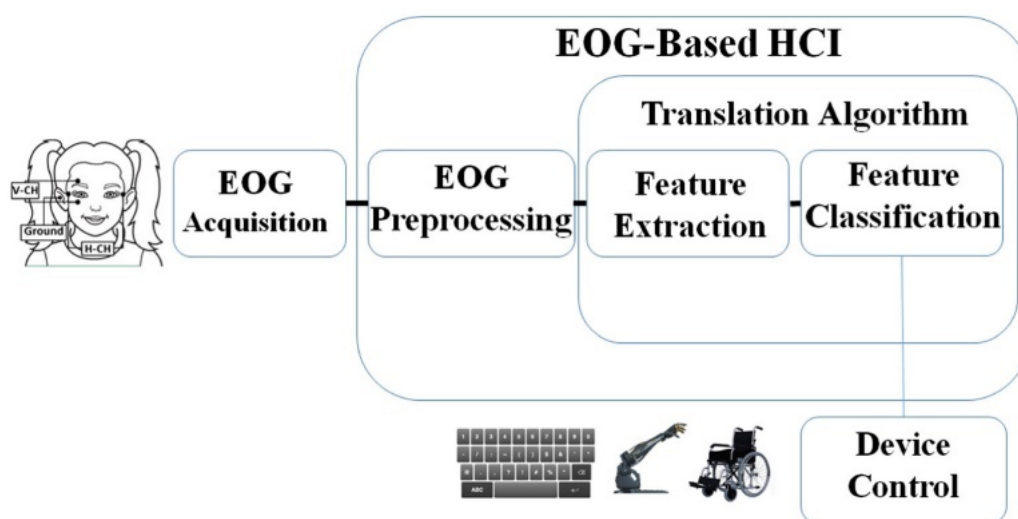


Img 2: EOG Glasses

ЭОГ записывается благодаря размещению пяти электродов, попарно расположенных над и под глазами (снимает вертикальные движения), рядом с кантусом (снимает горизонтальные движения) и одним над лбом или за ухом. При совершении движения глаза к любому из датчиков, образуется положительный заряд, вследствие чего возникает разность потенциалов, которая и становится мерой положения глаза, а соответственно и управляющим воздействием на систему.

Экспериментальным путём было определено, что метод EOG имеет большую эффективность в сравнении с РЗ00. При написании слов, двумя различными методами были получены следующие результаты:

- Реализация РЗ00, 80% точность, при затраченных 105 секундах.
- Реализация EOG: 95% точность, при затраченных 25 секундах.



### Img 3: Method

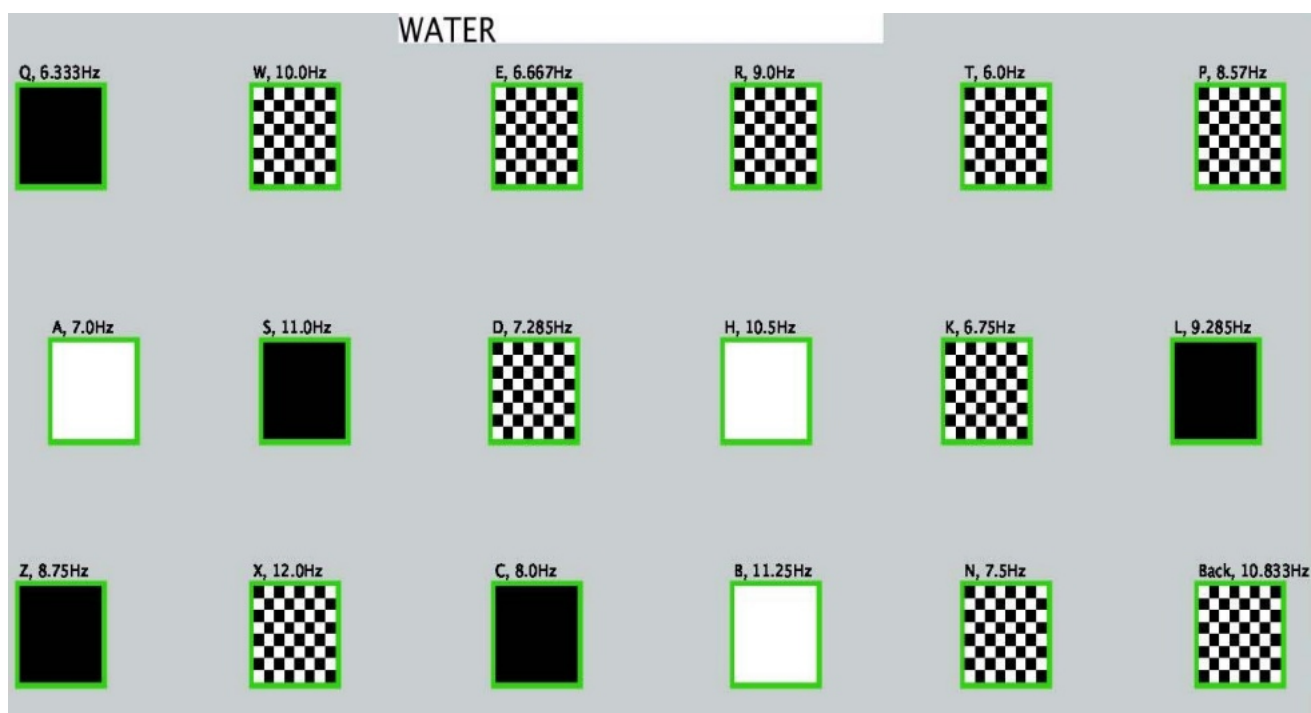
Основной проблемой представленной системы является её главная особенность - это очки, которые способны дать пользователю возможность взаимодействия с помощью концентрации зрения. Что создаст различные трудности при тестировании системы на людях с повреждёнными мышцами и/или нервами глазного яблока.

#### **2.3.2. Система визуальной клавиатуры, использующая гибридный двухчастотный BCI на базе SSVEP с интеграцией VOG**

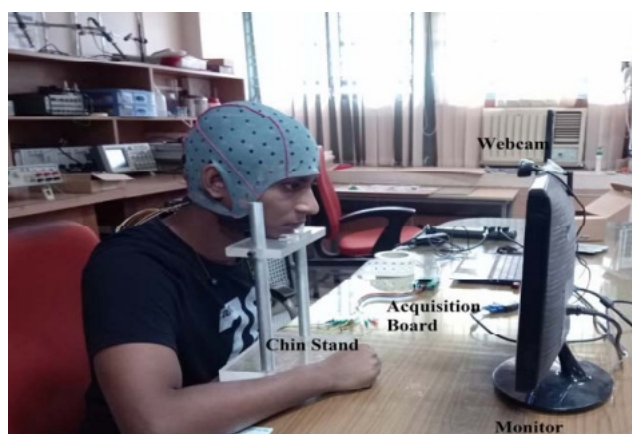
Методика основанна на вычислении точки, в которую смотрит пользователь, при помощи вычисления положения глаз по камере и стимуляцию мозга при помощи визуальных раздражителей.

- SSVEP - компонент ЭЭГ позволяющий определять сигналы, излучаемые головным мозгом в ответ на визуальные раздражители.
- VOG представляет собой видео окулографию, т.е. неинвазивный метод слежения за движением глаз по средством видео камер.

При проведении эксперимента, пользователям предлагалось сосредоточиться специальных картинках, с необходимыми инструкциями, являющимися собой визуальные раздражители.



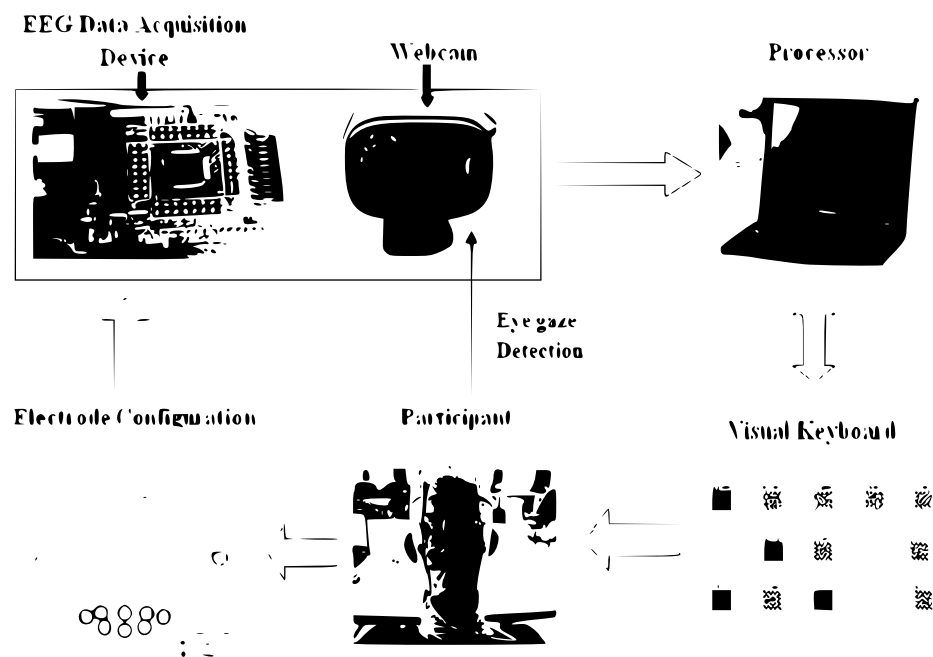
Img 4: Initializing character selection



Img 5: Photograph showing data recording

Важным условием является положение головы, так как камера не имеет автоматического механизма слежения за взглядом пользователя. Для частоты эксперимента использовались люди с одинаковыми показателями зрения, не имеющие проблем со здоровьем. При написании слов, десятью различными испытуемыми был получен результат:

- Реализация SSVEP, 94,9% точности при затраченных в среднем 3,65 секундах на иттерацию.



Img 6: Selecting a keyboard element

Система управления клавиатурой, созданной на основе триггеров ЭЭГ при помощи визуальных раздражителей создаёт огромное неудобство при использовании, принимая в внимание обязательное условие - положение головы, а соответственно и глаз для распознавания необходимого взаимодействия.

### 2.3.3. Виртуальная клавиатура ВСІ по средствам моргания глаз

Методика основанна на отслеживании моргания глаз по средствам снятия ЭЭГ, различия в которой фиксируются благодаря изменению колебаний мозговых волн при поступлении зрительной информации в мозг естественным образом, с последующим прерыванием таковой. Моргание как управляющее воздействие было выбрано, по скольку соответствует следующим требованиям:

- Получаемый сигнал возможно легко выделить среди остальных мозговых волн.
- Сигнал легко подвергается модуляции.
- Его возможно транслировать для выражения намерения.

Несмотря на расположение зрительной коры в затылочной доле, необходимые сигналы излучаются фронтальной и префронтальной корой головного мозга, в связи с чем на ЭЭГ возможно наблюдать два вида пиков, отрицательный (открытие глаз) и положительный (закрытие глаз). Таким образом система воспринимает моргание как сигнал к выбору некоторого элемента, от более крупной группы до единственного элемента. Однако в данном методе есть особенности, связанные с особенностями состояния человека, к примеру случайные моргания могут испортить итоговый результат, в связи с чем их можно разделить на несколько основных групп:

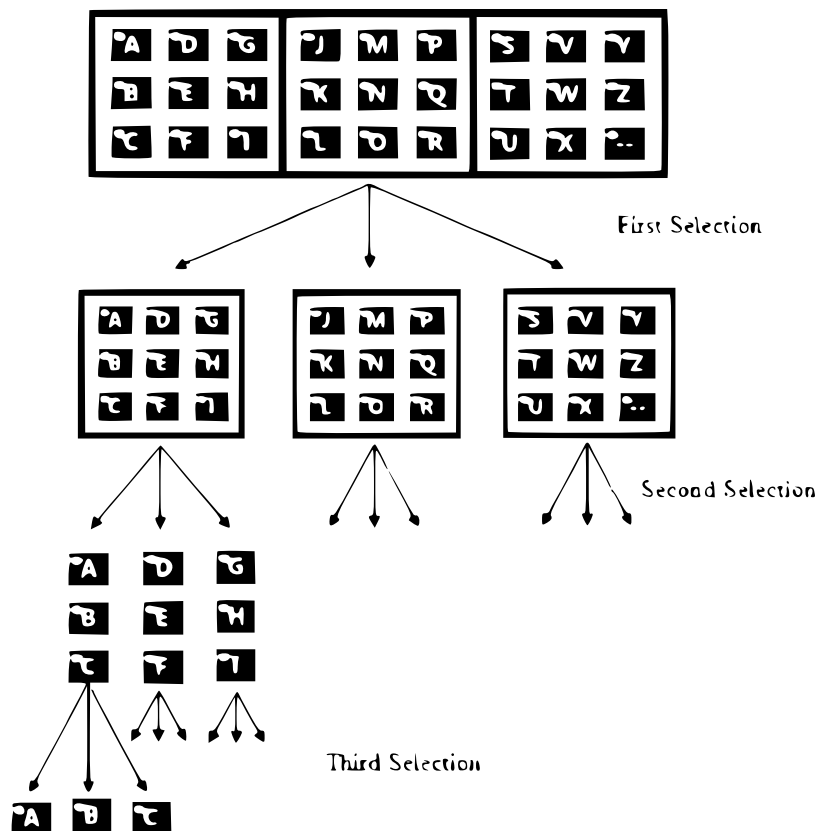
- Рефлексивное
- Произвольное
- Спонтанное

В системе представленной не предусмотрен функционал, позволяющий стереть не верный символ, для чего необходимо остановить реализацию проекта и исправить опечатку вручную. Однако так как процесс является собой больше физическую активность мышц означает что точность приблизительно равна 100% при временном интервале в 20 секунд.



Img 7: Online visual keyboard system

Тестирование системы каждый раз начинается с калибровки датчиков для получения данных ЭЭГ, что тратит огромное количество времени на подготовку перед началом работы, метод выбора групп элементов продемонстрирован ниже (Img 6).



Img 8: Selecting a keyboard element

Существенным недостатком метода является способ ввода информации, по скольку клавиатура в данном проекте представляет из себя сетку, ориентация в которой происходит по принципу моргания, что не позволит пользователям работать достаточно долго, чтобы оперативно получать текстовую информацию или же организовать взаимодействие с аппаратными частями.

### 3. Метод

Была разработана методика проведения исследования, чтобы определить необходимые аспекты проекта, с которыми требуется проводить дальнейший эксперимент.

#### 1) Операции с данными:

- Требуется извлечь  $n$  наборов данных ЭЭГ при условии вызова визуальных раздражителей, с последующей фиксацией требуемого потенциала.
- Провести аналогичный эксперимент, однако уже без наличия визуальных раздражителей.
- Сопоставить полученные данные, определив разницу в интенсивности потенциала и условиях его возникновения.
- Определить наличие возможных зависимостей.

#### 2) Обучение:

- На основании полученных результатов, обучить нейронную сеть угадывать по данным ЭЭГ необходимые символы и выводить их в печать.



## 4. Эксперимент

### 4.1. Условия эксперимента

- Платформа: Планируется кросс-платформенная разработка.
- BCI: Emotiv EPOC+, выбран из соображений своей популярности и коммерческой доступности.
- Python 3.10, выбран по скольку под данный язык создавались необходимые библиотеки, которые продолжают поддерживаться.
- Пара испытуемых, в хорошем состоянии здоровья, не имеющие проблем со зрением или неврологических проблем.

### 4.2. Исследовательские вопросы (RQ)

Для данной работы были сформированны следующие исследовательские вопросы:

- Насколько велика разница между вызванными потенциалами при наличие и отсутствия раздражителей?
- Существует ли некоторая постоянная, значимость которой описывает величину амплитуды при наличие и отсутствие раздражителей?
- Возможно ли сократить время печати одного символа до значений, не превышающих одной или двух секунд.

### 4.3. Метрики

Сравнив результаты экспериментов с уже испытанными конкурентными прототипами, будет реально оценить:

- Процент успешного восприятия данных с ЭЭГ.
- Скорость печати символов в минуту.

- F-меру.

# Заключение

В процессе выполнения данной работы были получены следующие результаты:

- Была изучена предметная область, отвечающая за работу с данными ЭЭГ;
- Произведены сравнения методик реализации концептуально схожих идей;

В работе планируется:

- Установить опытным путём, как различные раздражители влияют на качество входных данных и невилировать их влияние при необходимости, для чего экспериментально требуется определить F меру;
- Спроектировать решение, позволяющее обеспечить интуитивно понятное взаимодействие приложения с пользователем;
- Апробировать внедрённые решения;

## Список литературы

- [1] Belliuseiskii V. D. — Presentation V. D. Belliuseiskii.//. — 20.12.2022 URL: <https://github.com/>
- [2] R. M. Ramasubba , D.Saravanakumar — A Visual Keyboard System using Hybrid Dual Frequency SSVEP Based Brain Computer Interface with VOG Integration.//. — 10-2018.— URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8590048>
- [3] Sarah M. Hosni, Howida A. Shedeed, Mai S. Mabrouk, Mohamed F. Tolba. — EEG-EOG based Virtual Keyboard: Toward Hybrid Brain (дата последнего обращения — 2022-11-22). // . — 27-10-2018. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12021-018-9402-0>,
- [4] P300 Waves for Single Subjects (дата последнего обращения — 20-10-2022 г.). — URL: [http://www.cs.colostate.edu/eeg/data/json/doc/tutorial/build/html/p300\\_single\\_subject.html](http://www.cs.colostate.edu/eeg/data/json/doc/tutorial/build/html/p300_single_subject.html)
- [5] EPOC+ User Manual (дата последнего обращения — 29.12.2022 г.) — URL: <https://emotiv.gitbook.io>.
- [6] B. Chambayil, R. Singla, R. Jha Virtual — Keyboard BCI using Eye blinks in EEG //.— 10.2010. —URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5645025>
- [7] Sarah M. Hosni & Howida A. Shedeed & Mai S. Mabrouk & Mohamed F. Tolba — EEG-EOG based Virtual Keyboard: Toward Hybrid Brain Computer Interface.//. — 27.10.2018. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12021-018-9402-0>