

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
П.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра динамического моделирования и биомедицинской инженерии

Разработка метода диагностики изменения психофизического состояния
человека во время решения когнитивных задач на базе сигнала
фотоплетизмограммы

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студентка 4 курса 4081 группы
направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
институт физики
Павлова Екатерина Юрьевна

Научный руководитель:
доцент, к.ф.-м.н.

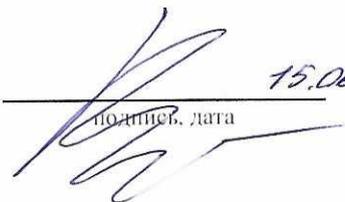


15.06.2023

подпись, дата

Е.И. Боровкова

Зав. кафедрой динамического
моделирования и
биомедицинской инженерии,
д.ф.-м.н., доцент



15.06.2023

подпись, дата

А.С. Каравасев

Саратов 2023

Введение

Сегодня исследование стресса вызывает активный исследовательский интерес. Человек ежедневно подвергается различным стрессовым ситуациям. Эмоциональный стресс человека влияет на его здоровье, так как эмоции имеют прямую и обратную связь со всеми системами и органами человека и зарождаются непосредственно в центральной нервной системе, контролирующей всю жизнедеятельность. Психический стресс - один из факторов, способствующих возникновению проблем со здоровьем [1].

На данный момент предложено большое количество методов диагностики стресса, основанных на анализе электрической активности мозга, движение и размера зрачка, динамики электромиограммы и других биосигналов [2].

Актуальность данной работы заключается в том, что в современном мире большинство людей пытаются следить за своим здоровьем с помощью умных часов, а в них чаще всего находится именно фотоплетизмографический датчик.

Целью данной работы является разработка метода диагностики психофизиологического состояния человека во время решения когнитивных задач, на основе единственного сигнала фотоплетезмограммы .

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- провести обзор методов обнаружения психологического стресса с помощью биосигналов;
- разработать метод количественной оценки когнитивного статуса испытуемых в условиях контролируемого когнитивного стрессорного воздействия на основе оценок взаимодействия сигналов дыхания и процесса парасимпатической регуляции ритма сердца, оцененных по единственному сигналу фотоплетизмограммы;
- для выборки объемом порядка 70 здоровых молодых испытуемых провести тестирование разработанного метода при анализе

экспериментальных сигналов фотоплетизмограмм, зарегистрированных в ходе проведения серий экспериментов с контролируемыми стресс-тестами;

- на основе полученных результатов сделать выводы о влиянии контролируемого когнитивного стрессорного воздействия на взаимодействие сигналов дыхания и процесса парасимпатической регуляции ритма сердца.

Структура работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, пяти пунктов, заключения и списка литературы.

Пункт 1 «Обзор методов обнаружения психологического стресса с помощью биосигналов».

Пункт 2 «Метод обнаружения стресса по сигналу дыхания и RR-интервалов».

Пункт 3 «Эксперимент».

Пункт 4 «Разработанный метод обнаружения стресса по сигналу фотоплетизмограммы».

Пункт 5 «Результаты».

В заключении сформулированы основные результаты и выводы.

Основное содержание работы

На протяжении всего времени развития человечества нас преследовали различные заболевания. И во все времена с разными болезнями боролись по-разному. Несмотря на то, что мы сталкиваемся с новыми заболеваниями, современная медицина и наука помогают нам бороться с этими проблемами и улучшать качество жизни. Но всё же люди начали задумываться о том, что есть какой-то фактор, связанный с умственной деятельностью или эмоциональным фоном, который может влиять на организм человека. И этим фактором оказался стресс.

Большой научный интерес к теме о влиянии стресса на организм появился после появления работ канадского физиолога Ганса Селье, который в 1936 году опубликовал свою первую работу, в которой он пытаясь описать неспецифические переживания, на которые реагировали крысы, позаимствовал термин из другого научного направления и сказал, что крысы испытывают стресс.

Как наш мозг управляет всем в организме? Он отправляет им, по нервам, которые тянутся по всему организму от головного мозга вниз к периферии и по позвоночнику. Эта система делится на две больших части, симпатическую и парасимпатическую нервные системы [3].

На рисунке 1 представлена схема влияния симпатической и парасимпатической нервной системы на различные органы и железы.

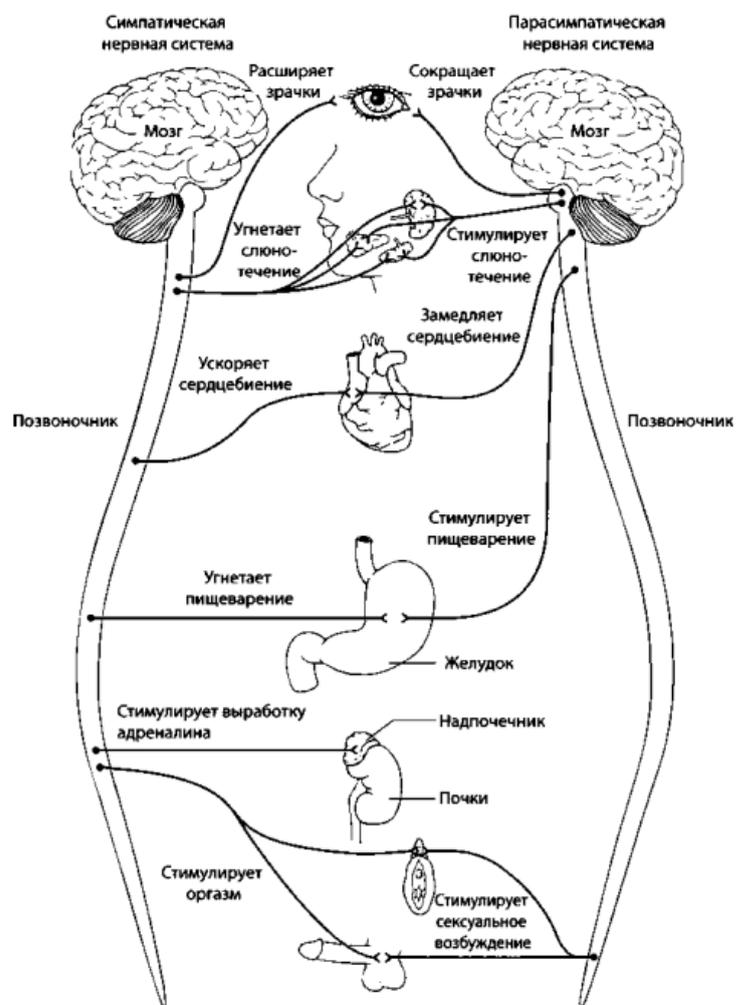


Рисунок 1- Примеры влияния симпатической и парасимпатической нервной системы на различные органы и железы

На данный момент предложено большое количество методов диагностики стресса, основанных на анализе электрической активности мозга, движение и размера зрачка, динамики электромиограммы, дыхания, фотоплетизмограммы, электродермальной активности кожи, температуры кожи, электрокардиограммы, и голоса [2].

Обнаружение стресса и методы преодоления стресса уже распространены в носимой электронике, но сейчас особое внимание уделяется эмоциональному благополучию пользователя.

Это не просто забота о душевном благополучии. Носимые устройства также используют физиологические измерения, чтобы понять, какие стрессы воздействуют на организм при физической нагрузке. Таким

образом, люди могут лучше контролировать нагрузку и стресс во время тренировок.

В работе [4] предложен метод диагностики стресса, вызванного решением когнитивных задач, основанный на расчете индекса взаимодействия между высокочастотными колебаниями RR-интервалов дыхания. Метод заключается в следующем.

Результатом этого метода показано на рисунке 2 что, во время цветового теста Струпа и ментально арифметического теста взаимодействие между процессом парасимпатической регуляции ритма сердца и дыхания снижается более чем на 20 процентов. Таким образом метод является чувствительным и перспективным для реализации на базе носимых гаджетов как фитнес часы и смартфоны.

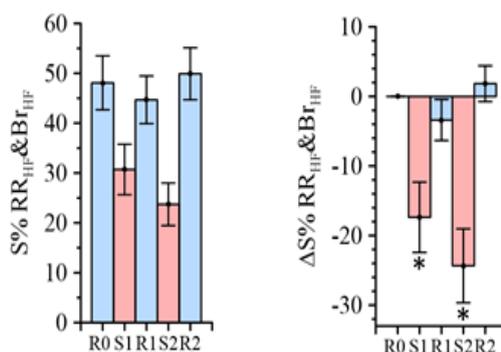


Рисунок 2- Результаты метода оценки фазовой синхронизации S между высокочастотными (HF) – колебаниями RR-интервалов и сигнала дыхания. На данных графиках R0 –фон, S1 – тест Струпа, R1 – отдых, S2 – тест на ментальную арифметику, R2 – отдых

Разработанный метод заключается в следующем:

Первым шагом мы брали один сигнал фотоплетизмограммы снятого с пальца руки. Из сигнала фотоплетизмограммы мы выделяем PP – интервалы (интервалы между двумя пульсовыми волнами). Приводим сигнал PP – интервалов к эквидистантному виду.

Вторым шагом строим Фурье спектр. В полученном спектре сигнала в

высокочастотном (HF) диапазоне мы видим пик. Этот пик, аналогично как в сигнале RR – интервалов, мы фильтруем как колебания процесса парасимпатической регуляции ритма сердца. Фильтрацию сигнала PP – интервалов мы проводим в полосе от 0,15 Гц до 0,50 Гц, для выделения информации о колебаниях процесса парасимпатической регуляции ритма сердца. Результат фильтрации представлен на графике красным цветом. Далее мы также строим Фурье спектр самого сигнала фотоплетизмограммы, в высокочастотном диапазоне также виден пик, который связывают с просачиванием сигнала дыхания в фотоплетизмограмму. Мы фильтруем сигнал фотоплетизмограммы в полосе от 0,15 Гц до 0,50 Гц для выделения информации и колебаниях сигнала дыхания. Результат фильтрации представлен на графике синим цветом.

Третьим шагом с помощью преобразования Гильберта выделяем мгновенные фазы исследуемых колебаний и строим разность фаз. На полученной разности мы видим горизонтальные участки, отмеченные желтым цветом. На этих участках сигналы подстроились друг под друга, мгновенные фазы растут с одинаковой скоростью.

Четвёртым шагом мы с помощью специальной процедуры с ранее выбранными параметрами выделяем такие горизонтальные участки как в шаге третьем и ищем их длительности. Затем вычисляем индекс S – как суммарная длительность участков синхронизации, делённая на длительность всей записи и выраженная в процентах [5].

На рисунке 3 последовательно представлены все шаги выполнения метода.

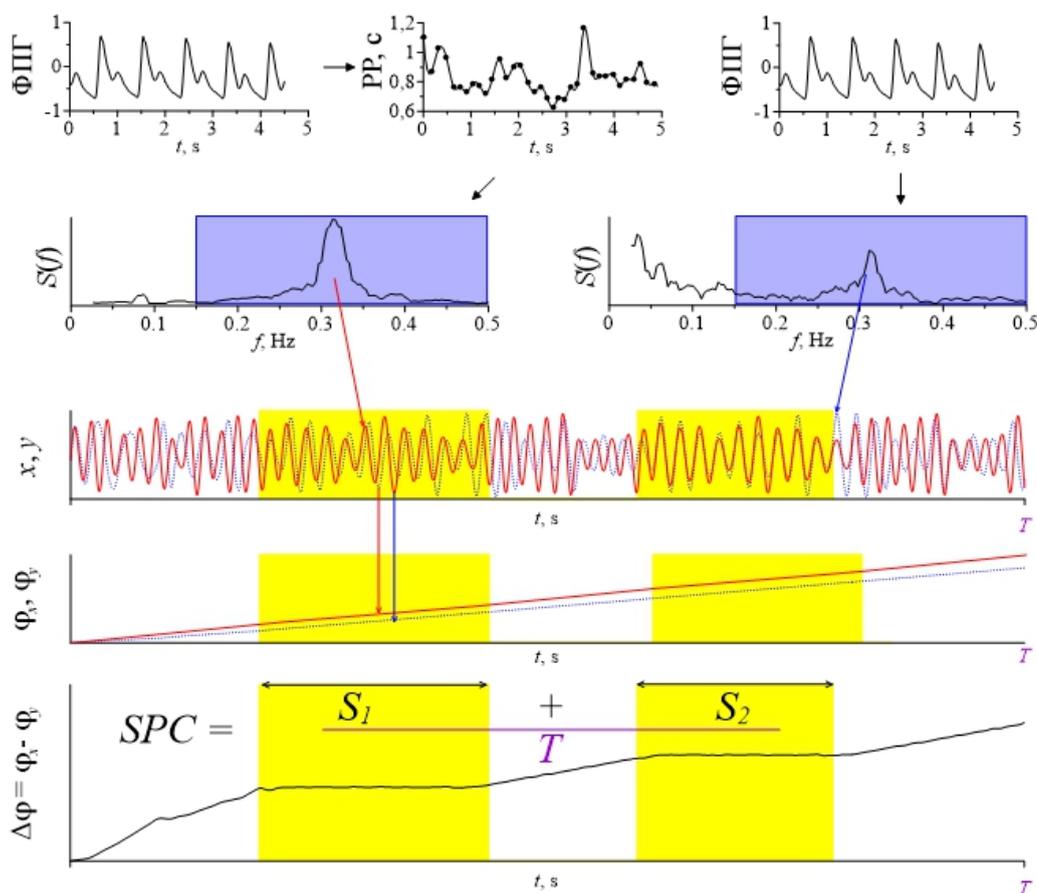


Рисунок 3- Последовательное выполнение метода оценки фазовой синхронизации S между высокочастотными (HF) – колебаниями РР-интервалов и высокочастотными (HF) – колебаниями сигнала фотоплетизмограммы

Для проверки метода на работоспособность мне предоставили 70 записей фотоплетизмограммы снятых с руки пальца.

Первым шагом был просмотр всех этих записей и выявление ошибок или некорректных записей. После того как остались только пригодные для обработки записи сигналов я приступила к прохождению все этапов своего метода со всеми оставшимися сигналами.

После прохождения всех этапов метода получилось так, что вся выборка данных поделилась на 3 группы, это показано на рисунке 4.

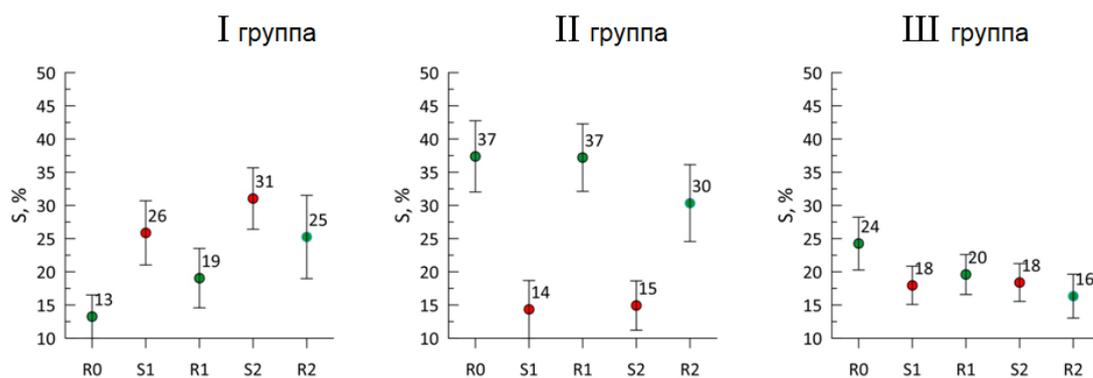


Рисунок 4 -Результат метода оценки фазовой синхронизации S между высокочастотными (HF) колебаниями РР – интервалов и высокочастотными (HF) колебаниями фотоплетизмограммы. На данных графиках R0 –фон, S1 – тест Струпа, R1 – отдых, S2 – тест на ментальную арифметику, R2 – отдых

Заключение

Разработан метод количественной оценки стресса, вызываемого тестом Струпа и ментально арифметическим тестом, на основе взаимодействия между процессом парасимпатической регуляции ритма сердца и процессом дыхания, при анализе унивариантного сигнала фотоплетизмограммы.

На рисунке 4 показано, что вся экспериментальная выборка разделилась на три группы, также показано что индекс S между высокочастотными колебаниями PP – интервалов и высокочастотными колебаниями фотоплетизмограммы:

У первой группы при тесте Струпа повышается в среднем по группе на 13% (со значения 13% до 26%), при ментально арифметическом тесте повышается в среднем по группе на 12% (со значения 19% до 31%).

У второй группы при тесте Струпа понижается в среднем по группе на 13% (со значения 37% до 14 %), при ментально арифметическом тесте понижается в среднем по группе на 22% (со значения 3% до 15%).

У третьей группы сильно заметных изменений не оказалось.

Список использованных источников

1. Южаков М.М., Авдеева Д.К., Нгуен Д.К. Обзор методов и систем исследования эмоционального стресса человека // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2.
2. Giannakakis et al.: Review on psychological stress detection using boisignals.
3. Сапольски Р. Психология стресса. 3-е изд. СПб.: Питер, 2015.
4. Borovkova et al., The Eur. Phys. J. Spec. Topics, 2023.
5. Karavaev A.S. et al. Chaos. 2009.

15.06.2023.

Дж. Павлова Е. Ю