

О построении модели зрачковой реакции человека на вспышку**Научный руководитель – Кручинина Анна Павловна*****Рабцевич Мария Александровна****Студент (специалист)*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
космических исследований, Москва, Россия*E-mail: ermariya123@gmail.com*

Зрачковые реакции человека и животных - непроизвольный индикатор активности нервной системы. Зрачок меняет размер при изменении освещенности, под влиянием эмоций, когнитивных процессов, стресса, утомления и т.д. Пупиллометрические исследования применяются в психологии [2], медицине (например, при диагностике болезни Паркинсона) и инженерии.

Современные методы пупиллометрии основаны на инфракрасной видеосъемке глаза и фиксируют изменения диаметра зрачка с частотами от 30 до 500 Гц. В результате записи получается пупиллограмма: кривая зависимости площади (радиуса или диаметра) зрачка от времени. Для обработки пупиллограмм применяются математические модели, включая кусочно-линейные и нелинейные аппроксимации, кривые Безье [3], нейронные сети [1]. Основные параметры: минимальный размер зрачка, латентное время и скорость изменения размера зрачка. Для их вычисления требуется применять сглаживание, к которому предъявляется требование сохранения профиля скорости.

При помощи высокочастотного окулографа ND-1000 [4], оборудованного синхронизированной вспышкой, на базе МГУ было собрано несколько десятков записей зрачковой реакции на свет на частоте 476 Гц. По полученным данным были вычислены профили скорости изменения радиуса зрачка. Исходя из их вида предлагается аппроксимация кусочно-гладкими функциями (сигмоидами):

$$\dot{r}_i(t) = a_i - \frac{b_i}{1 + e^{\frac{t-d}{f_i}}}$$

Тогда аппроксимирующая функция имеет вид:

$$r_i(t) = (a_i - b_i)t + b_i f_i \ln \left(e^{\frac{a_i}{f_i}} + e^{\frac{t}{f_i}} \right)$$

Полученная аппроксимация имеет достаточную степень гладкости, позволяет строить описание скорости изменения размера зрачка. Это позволяет применять критерии для определения латентного времени и других величин на основании значения мгновенной скорости. Стоит отметить еще одно преимущество использования модели: подход делает возможным сравнение результатов, сделанных в отличающихся условиях, через инициализацию типовых параметров модели на больших выборках.

Источники и литература

- 1) Ахметвалеев А. М. Нейросетевое моделирование функционального состояния человека на примере диагностики зрачкового рефлекса / Проблемы анализа и моделирования региональных социально-экономических процессов: материалы докладов VII Международной очной научно-практической конференции. — Казань, 2017. — С. 37–41.

- 2) Кутлубаев М.А. и др. Пупиллометрия в оценке психоэмоционального состояния и когнитивных функций человека // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2023. Т. 73. № 5. С. 651–665.
- 3) Фоменко В.И., Куприянов А.С. Математические модели зрачковых реакций глаз человека (пупиллограмм) // Известия ПГУПС. - 2010. - № 4 - С. 220230.
- 4) Айттрекер NewDevice: <https://gazetracking.ru/>

Иллюстрации

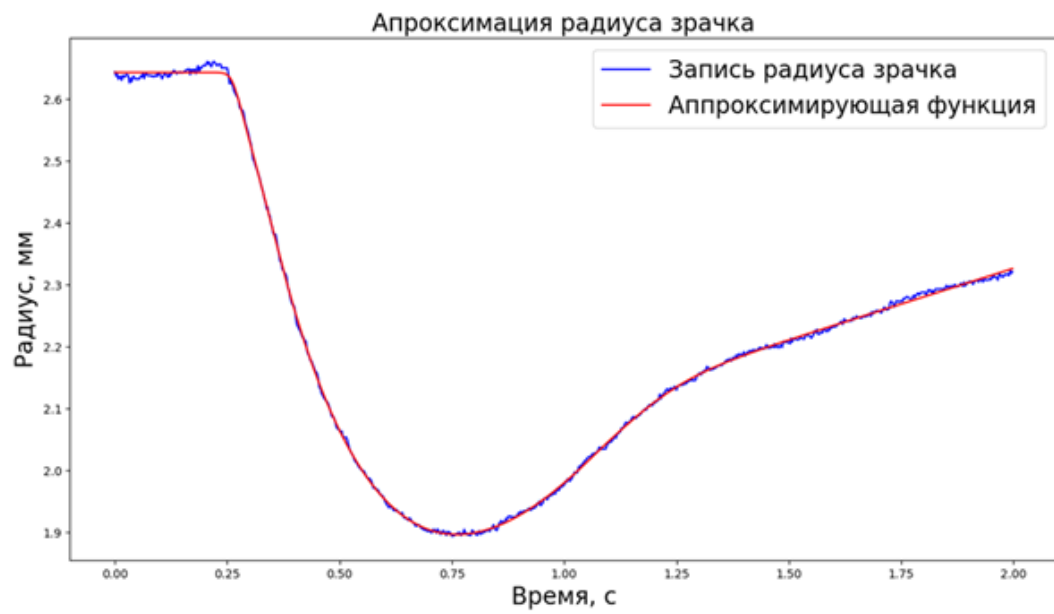


Рис. : Аппроксимация радиуса зрачка