

УДК 004.942

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛАЗОДВИГАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ АЙТРЕКЕРА TOBII PRO TX300

Салата Д. В.¹, Чори В. В.¹, Ivan Mishchenko²

д.т.н., професор каф. КСУ Павленко В. Д.¹

Deputy Director of the Institute of Computer Science, Dr. Marek Milosz²

Laboratory of Motion Analysis and Interface Ergonomics, Dr. Mariusz Dzienkowski²

¹Одесский Национальный Политехнический Университет, УКРАИНА

²Lublin University of Technology, POLAND

АННОТАЦИЯ. Рассматривается инновационная технология Eye-Tracking для построения непараметрической динамической модели глазодвигательной системы на основе экспериментальных данных «вход-выход» с использованием для сбора данных айтрекера TOBII PRO TX300.

Введение. В настоящее время интенсивно развивается инновационная технология Eye-Tracking (айтрекинг, окулография) [1-3], представляющая собой процесс определения координат точки, на которую направляется взгляд или движение глаза относительно головы. Исследование движений глаз человека и траектории их перемещения позволяют раскрыть структуру взаимоотношений индивида со средой. Анализ взаимосвязи окуломоторики с центральной нервной системой, с содержанием психических процессов, с различными формами активности (поведением, деятельностью, общением), способствует изучению механизмов работы мозга и их нарушения, выявлению динамики психофизиологических состояний человека, закономерностей восприятия, мышления, представлений, дифференциации интенций личности.

Разработаны инструментальные алгоритмические и программные средства для построения непараметрической динамической модели глазодвигательной системы человека (ГДС) с учетом ее инерционных и нелинейных свойств в виде многомерных переходных функций (многомерных интегральных преобразований ядер Вольтерра) на основе данных экспериментальных исследований ГДС «вход-выход» [4, 5]. Для применения этого метода моделирования ГДС в медицинских исследованиях на этапе сбора данных необходимо располагать специальным прибором – айтрекером (Eye-Tracker), регистрирующим координаты позиций глаз в процессе движения.

Цель работы: исследовать эффективность экспериментальных исследований ГДС с помощью айтрекера TOBII PRO TX300 для идентификации ГДС на основе модели Вольтерра в виде многомерных переходных функций.

Основная часть работы. Принимая во внимание физиологические особенности ГДС, для идентификации используются тестовые ступенчатые сигналы разной амплитуды, которые реализуются в виде яркой точки на мониторе компьютера с разным расстоянием a от начальной точки с координатами $(x=0, y=0)$. Если тестовый сигнал $x(t)=a\theta(t)$, где $\theta(t)$ – единичная функция (функция Хевисайда), то тогда можно определить с помощью метода наименьших квадратов переходную функцию 1-го порядка и диагональные сечения переходных функций n -го порядка ($n \geq 2$) ГДС [4].

Экспериментальные исследования проводились с помощью инновационной технологии айтрекинга с использованием высокотехнологичного оборудования айтрекера Tobii Pro TX300 (300 Hz), предоставленного для исследований Центром инноваций и продвинутых технологий в Люблинском технологическом университете (Люблинская политехника, Польша). На рис. 1 и 2 представлены стенд для экспериментальных исследований ГДС и айтрекер, соответственно.

В исследовании каждого респондента реализованы последовательно по 2 цикла «от центра – вправо по горизонтали» и «от центра – вверх по вертикали». В каждом цикле последовательно выполняются 3 независимых эксперимента для 3-х амплитуд тестовых сигналов $a_1=0.33$, $a_2=0.66$, $a_3=1.0$. Таким образом, реализуется следующая последовательность входных

воздействий, координаты которых (в относительных единицах):

1-й цикл: $\{(x=0, y=0), (x=0.33, y=0); (x=0, y=0), (x=0.66, y=0); (x=0, y=0), (x=1.0, y=0)\}$,

2-й цикл: $\{(x=0, y=0), (x=0, y=0.33); (x=0, y=0), (x=0, y=0.66); (x=0, y=0), (x=0, y=1.0)\}$.



Рисунок 1 – Экспериментальный стенд.
Люблинская политехника (Польша)

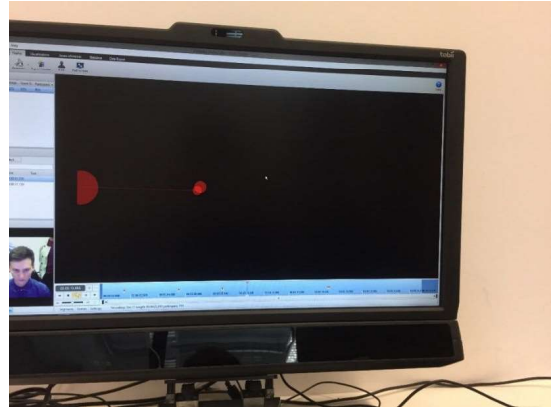


Рисунок 2 – Айттрекер TOBII PRO TX300 в режиме калибровки

Полученные при этом результаты измерений откликов ГДС в одном цикле исследования («по горизонтали») демонстрируются на рис. 3 и 4.

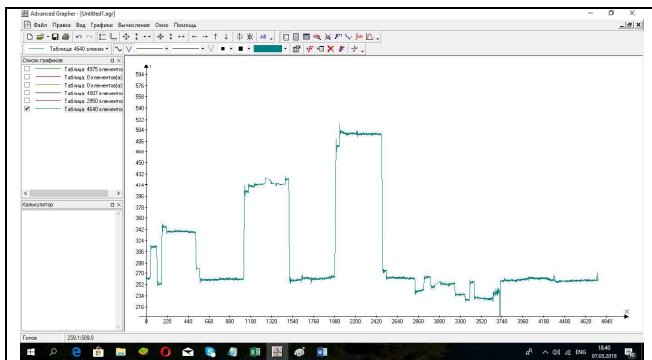


Рисунок 3 – Отклики ГДС в одном цикле исследования «по горизонтали»

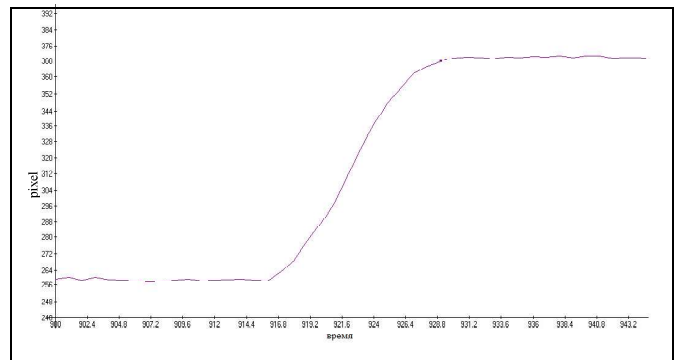


Рисунок 4 – Регистрируемый переходной процесс в ГДС на тестовый сигнал: $a_1=0.33$

Выводы. Экранный следящий айттрекер TOBII PRO TX300 обеспечивает превосходное качество данных (с точностью до микросаккад), которые позволяют идентифицировать ГДС с учетом её нелинейных и инерционных свойств, и использовать полученные модели в диагностических исследованиях в области нейронаук, психологии, офтальмологии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jansson D. Parametric and Nonparametric Analysis of Eye-Tracking Data by Anomaly Detection / D. Jansson, O. Rosén, O., A. Medvedev // IEEE Trans. Control Syst. Technol. 2015, 23, 1578–1586.
2. Bro V. Nonlinear Dynamics of the Human Smooth Pursuit System in Health and Disease: Model Structure and Parameter Estimation / Viktor Bro and Alexander V. Medvedev // 2017 IEEE 56th Annual Conference on Decision and Control (CDC), December 12-15, 2017, Melbourne, Australia, 4692-4697.
3. Rigas I. Biometric Recognition via the Complex Eye Movement Behavior and the Incorporation of Saccadic Vigor and Acceleration Cues / I. Rigas, O. V. Komogortsev and R. Shadmehr // ACM Transactions on Applied Perception, 2016, 13 (2), 1-21.
4. Pavlenko V. Estimation of the Multidimensional Transient Functions Oculo-Motor System of Human / Vitaliy Pavlenko, Dmytro Salata, Mykola Dombrovskiy and Yuri Maksymenko // Mathematical Methods and Computational Techniques in Science and Engineering: AIP Conf. Proc. MMCTSE 2017, Cambridge, UK, 24-26 February 2017. Vol. 1872. Melville, New York, 2017, 110-117. 020014-1–020014-8; doi: 10.1063/1.4996671. Published by AIP Publishing. 978-0-7354-1552-2.
5. Pavlenko V. D. Identification of a Oculo-Motor System Human Based on Volterra Kernels / V. D. Pavlenko, D. V. Salata, H. P. Chaikovskiy // Int. J. of Biology and Biomedical Engineering, 2017, Vol. 11, 121-126.