

## **Анализ видеотреков головы человека при формировании идеомоторных команд в системе человек-машина**

М. И. Полонский, Д. Ю. Савелов, МАОУ ДО Технополис, г. Сургут

Научный руководитель: к.биол.н. Ю. Г. Бурькин, Сургутский филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук»

Научный руководитель: к.тех.н. А. А. Егоров, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа-Югры «Сургутский государственный университет»

Нейрокомпьютерные интерфейсы, позволяющие мысленно управлять устройствами, признаны стать новым способом взаимодействия человека с компьютером. На взгляд авторов проекта, сегодня одним из недостатков нейроинтерфейсов является потребность в непосредственном контакте человека с регистрирующими приборами для передачи управляющих команд. Такие устройства ограничивают движения, не отличаются высокой точностью и чувствительностью. Альтернативные решения основаны на методах компьютерного зрения и распознавания образов. Так, поиск способа бесконтактной регистрации физиологических реакций организма человека, служащих надёжным признаком для идентификации мысленно сформированных команд, является **актуальным** направлением научных исследований.

Из области сенсорной физиологии известно, что мышечные реакции, которые носят произвольный характер, зависят от того, что человек видит и представляет. Была выдвинута **гипотеза**, согласно которой при восприятии оптокинетических (вызывающих движения глаз) стимулов и мысленном воспроизведении траектории их движения возникают психомоторные паттерны (определённые двигательные реакции), которые могут быть зарегистрированы видеокамерой по положению головы в пространстве. В то же время отслеживание движений головы позволит распознавать входные (зрительные и представляемые) стимулы, вызывающие реакцию мышц шеи.

**Цель работы:** используя технологии видеорегистрации и анализа треков головы человека, идентифицировать психомоторные паттерны, возникающие при зрительной стимуляции и формировании идеомоторных команд.

**Объект и методы исследования.** В исследованиях приняло участие 45 человек, средний возраст которых составил  $16 \pm 3$  лет. Испытуемый располагался неподвижно перед монитором в положении сидя, на расстоянии 0,5 м до глаз от web-камеры, с помощью которой производилась видеорегистрация положения его головы. Обследуемому последовательно предъявлялись 4 оптокинетических стимула (ОКСт): движение чёрного круга радиусом 30 пикселей на белом фоне по траектории синусоиды; по горизонтальной оси; по вертикальной оси; по кругу против часовой стрелки. Каждый стимул предъявлялся по 30 с, после чего оставался белый фон, на котором испытуемый мысленно формировал траекторию ранее наблюдаемого движения виртуального объекта также в течение 30 с.

В нашей программе на Python по обработке записанных видеофайлов координаты положения лица человека в трёхмерном пространстве, определённые классификатором каскадов Хаара (Haar cascade classifier), передавались CSRT-трекеру (оба инструмента из библиотеки OpenCV). Затем классификатор продолжал применяться в области, выделяемой трекером, увеличенной на 20 % по сравнению с исходно заданной для надёжности. Координаты, полученные от классификатора и трекера, записывались в текстовые файлы как  $X^C$ ,  $Y^C$ ,  $Z^C$ ,  $X^T$ ,  $Y^T$ ,  $Z^T$  на каждый оптокинетический стимул и на каждое воспроизведение траектории его движения (всего 8 файлов).

После понижения размерности с 6 до 2 с помощью алгоритма t-SNE (библиотеки Scikit-Learn) были выделены группы из 8 точек на каждого обследуемого, где 4 соответствовали одному из состояний, возникающих при предъявлении и оставшиеся 4 при мысленном воспроизведении траектории движения четырёх ОКСт. Расстояние между первыми и последними рассчитывалось по отдельности. За точку отсчёта в обоих случаях принималась первая, соответствующая предъявлению ОКСт, движущегося по синусоиде и его мысленному воспроизведению. Таким образом, было получено по три расстояния между четырьмя точками, которые сравнивались с помощью программы Statistica 6 для определения наиболее удалённых точек. Для проверки нулевой гипотезы применялся ранговый дисперсионный анализ. Так как нулевая гипотеза была опровергнута ( $p < 0,001$ ), нами было произведено попарное сравнение трёх расстояний для визуального восприятия и мысленного воспроизведения с помощью критерия Вилкоксона.

**Анализ результатов** показывает, что наиболее выраженные различия при предъявлении визуальных стимулов обнаруживаются между расстоянием от начальной точки, соответствующей предъявлению ОКСт, движущегося по синусоиде до точки, соответствующей предъявлению ОКСт, движущегося по горизонтальной оси ( $Me (V25; V75)$ ,  $n=45$ ) 2,60 (0,85; 7,40)) и расстоянием между начальной точкой и ОКСт, движущимся по кругу (4,53 (2,01; 11,80),  $p=0,002$ ). Также достоверны различия при сравнении состояний, соответствующих предъявлению вертикально движущихся ОКСт (4,11 (1,48; 11,16)) и движущихся по кругу (4,53 (2,01; 11,80),  $p=0,011$ ). Между предъявлением горизонтально и вертикально движущихся ОКСт различий не обнаружено. Аналогичная закономерность выявлена при мысленном воспроизведении ранее наблюдаемых траекторий движения ОКСт с той разницей, что статистически достоверные различия обнаружены только при сравнении расстояний между точками, соответствующими представлению траекторий движения ОКСт по синусоиде и горизонтали (2,96 (0,81; 7,12)), синусоиде и кругу (5,13 (2,10; 12,37),  $p=0,021$ ).

#### **Выводы:**

1. Статистически достоверные различия при сравнении расстояний в евклидовом пространстве от точки, соответствующей предъявлению контрастного изображения, движущегося по синусоидальной траектории, до точек, соответствующих горизонтальной и круговой, а также вертикальной и круговой траекториям, позволяют использовать эти стимулы для человеко-машинного взаимодействия в режиме восприятия человеком зрительной информации.

2. Различие расстояний от точки, соответствующей мысленному представлению изображения, движущегося по синусоидальной траектории, до точек, соответствующих горизонтальной и круговой траекториям, позволяют использовать эти образы для человеко-машинного взаимодействия в режиме идеомоторного представления.