

Chalvin M. J. Deux cerveaux pour la classe. Nathan, 1993.

Lepineux R. La programmation neuro-linguistique a l'école / N. Soleilhac, A. Zerah. Ed. Nathan, 1993.

Trocme-Fabre H. J'apprends, done je suis. Introduction a la neuropedagogie. Ed. Nathan, 1987.

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ АЙТРЕКЕРА И ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ ГЛАЗ¹

В. А. Барабанищikov, Г. Ю. Окутина, О. Л. Окутин

Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ (Москва)
ol.okutin@gmail.com

Представлены результаты апробации оборудования Hi Speed компании SMI. Приведены значения границ предельной чувствительности этой аппаратуры. Показано, что в целом айтрекер удовлетворительно воспроизводит микро- (верхний диапазон) и макро- (нижний и средний диапазон) движения глаз. Однако существуют возмущающие воздействия, искажающие картину фиксации и целенаправленных саккадических поворотов глаз. Высокая частота видеосъемки поверхности глаз сама по себе недостаточна для адекватного отображения окуломоторных процессов. Необходима процедура сепарации собственно движений от совокупности событий, протекающих внутри глаза и на его поверхности.

Ключевые слова: окуломоторная активность, айтрекер, саккады, дрейфы, фиксации, точность измерений движений глаз.

Введение

Эффективное использование айтрекеров требует от экспериментатора знаний общих принципов устройства аппаратуры, способов регистрации положений/движений глаз и их погрешностей, принципов графического отображения данных. Однако даже эти знания не гарантируют научную обоснованность получаемых окулограмм – необходима проверка аппаратуры в «деле», в практике реальных исследований. В данной работе приводятся некоторые результаты апробации возможностей высокоскоростной системы видеорегистрации движений глаз при выполнении наблюдателями зрительных и двигательных задач.

Процедура и методы

Испытания проводилась на установке iView X™ Hi-Speed-1250/500 немецкой компании SMI (HSSMI), предназначенной для высокоскоростной видеорегистрации движения глаз в инфракрасном диапазоне излучения. Она состоит из регистрирующей скоростной видеокамеры, источника инфракрасного света, стойки-колонны с упором головы и подбородником, двух мониторов для предъявления стимулов и отображения данных регистрации, персонального компьютера и пакета программного обеспечения. Оценка направленности движений глаз опирается на видеоинформацию об относительном расположении центров зрачка и роговичного блика (Pupil-center/corneal reflex метод). Частота видеосъемки поверхности глаз в монокулярном режиме – 1250 или 500 Гц; разрешающая способность (чувстви-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ: проект №08-06-00316а, 09-06-12003 офи-м.

тельность) айтрекера – $0,01^\circ$; рабочая точность определения направления глаз – $0,25-0,5^\circ$; диапазон линейности – $\pm 30^\circ$ по горизонтали, 30° вверх, 45° вниз.

Решались три основные задачи: апробация оборудования HSSMI на неподвижном «взоре» манекена; изучение устойчивой фиксации наблюдателем центра миниатюрного кольца; анализ траекторий движений глаз при переводе взора с одного точечного объекта на другой.

Регистрировался левый глаз, правый глаз прикрывался светонепроницаемой повязкой. Частота видеорегистрации – 500 Гц и 1250 Гц.

На экране монитора испытуемым предъявлялись: 1) миниатюрное черное кольцо на белом фоне (в центре экрана монитора) размером 11×11 пикселей или $18' \times 18'$ с белым внутренним кругом размером 5×5 пикселей или $8' \times 8'$; 2) две черные точки ($5' \times 5'$) на белом экране, расположенные одна в центре, другая на периферии (на расстоянии $\approx 14^\circ$) по диагонали – в правом верхнем углу монитора.

В испытаниях приняли участие 5 человек в возрасте 20–49 лет с нормальным или корректируемым до нормального зрением.

Направленность взора (положения глаз относительно объекта восприятия) определялась по экранным координатам в пикселях. Данные о координатах глаза обрабатывались с помощью программы Excel. Результаты представлялись графически в двух видах: 1) развертки движений глаз во времени отдельно для горизонтальной (x) и вертикальной (y) составляющих; 2) перемещения глаза относительно поверхности экрана (x, y).

Результаты испытаний

Апробация HSSMI на «взоре» манекена

Для установления величины чувствительности айтрекера испытания проводились на неподвижном глазе. Использовалась голова манекена, в глазных впадинах которой крепились протезы глазных яблок человека. Голова жестко фиксировалась в подбороднике стойки-колонны. Расстояние от левого искусственного глаза до экрана – 59 см.

Получено около 75 тысяч значений координат неподвижного «взора» манекена, что позволило установить область фиксации, отражающую собственный фон аппаратуры HSSMI, расположенной в помещении Центра экспериментальной психологии МГППУ (рисунок 1).

По результатам испытаний средняя ширина области фиксации неподвижного глаза составляет 12 пикселей ($19,2'$), высота – не более 9 пикселей ($14,4'$); размеры экрана – 1280×1024 пикселей ($34,1^\circ \times 27,3^\circ$). Расчеты показывают, что детекция позиции взора, выполняемая аппаратурой, опирается на статистическую модель с определенными параметрами. Максимальное расстояние между двумя соседними точками при детекции «взора» манекена не превышает 7 пикселей ($11'$) по горизонтали и 3 пикселя ($5'$) по вертикали, что и задает границы чувствительности тестируемой аппаратуры.

Метод искусственного «взора» позволяет установить диапазон значений координат глаза, при котором нивелируется «шум» от аппаратуры, заложенной в программе математической модели, а также от других источников осцилляций. Подобрать шкалу таким образом, чтобы стохастические значения координат области фиксации «взора» манекена на графике приобрели вид константы слабо осциллирующей

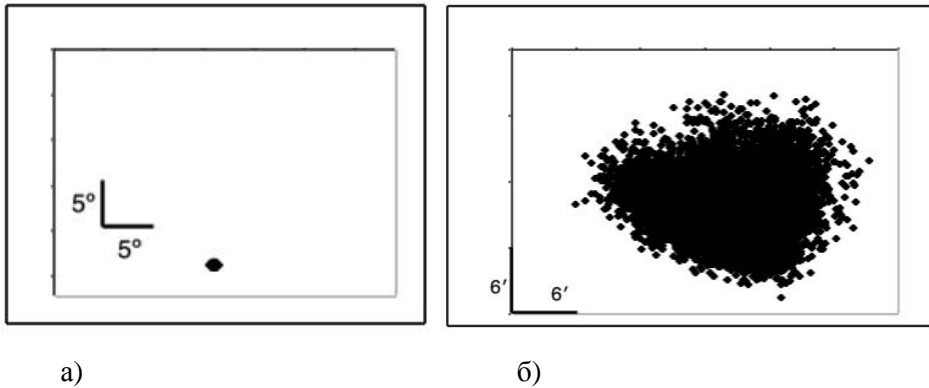
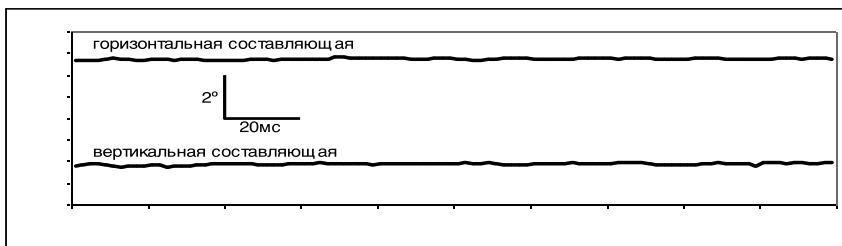
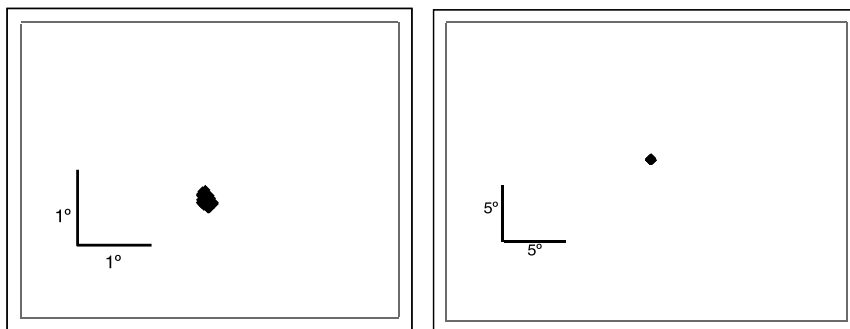


Рис. 1. Область фиксации неподвижного «взора» манекена: а) в масштабе экрана монитора; б) увеличенный масштаб (x 40)

во времени, можно эффективно реконструировать траектории микро- и макроперемещений глаз реальных испытуемых, выделяя феномены движения глаза на фоне «шума». В результате применения подобной процедуры открывается возможность использовать совокупность выходных данных без искажений, вызываемых «работой» математических фильтров, и статистической обработки исходной информации.



а)



б)

в)

Рис. 2. Окулограммы фиксации испытуемым центра миниатюрного кольца: а) развертка во времени; б) траектория перемещения глаза на плоскости (x, y); в) область фиксации в масштабе экрана монитора. Время измерений – 200 мс

Регистрация микро- и макродвижений глаз

К числу важнейших технических характеристик HSSMI относится высокая частота видеосъемки поверхности глаза. Это является условием детальных исследований окуломоторики на интервалах от 0,8 мс, что невозможно на аппаратуре с низкой и средней дискретизацией изображения.

Согласно проведенным испытаниям, HSSMI удовлетворительно отображает основные виды движений глаза, в том числе микросаккады (от 10' до 40' – 1°), макросаккады (от 1° до 25°) и дрейфы ($V = 10'/с - 6°/с$). На рисунке 2 приведены окулограммы фиксационных движений.

На записях видны слабые осцилляции траектории взора, не превышающие 20', что соответствует области фиксации взора, сопоставимой с аналогичными параметрами «взора» манекена и значениям, описанным в литературе (Андреева, Вергилес, Ломов, 1975; Барабанщиков, 1997; Гиппенрейтер, 1978; Ярбус, 1965).

При длительной монокулярной фиксации испытуемыми неподвижного кольца зарегистрированы всплески окуломоторной активности, не подпадающие под известные описания феноменов движений глаз (рисунок 3). Это – отдельные флики, либо фликовые комплексы с параметрами: амплитуда – 10'– 2°, время выполнения – 1,6–4 мс, частота фликов в комплексе – 10–150 Гц. По частотным характеристикам

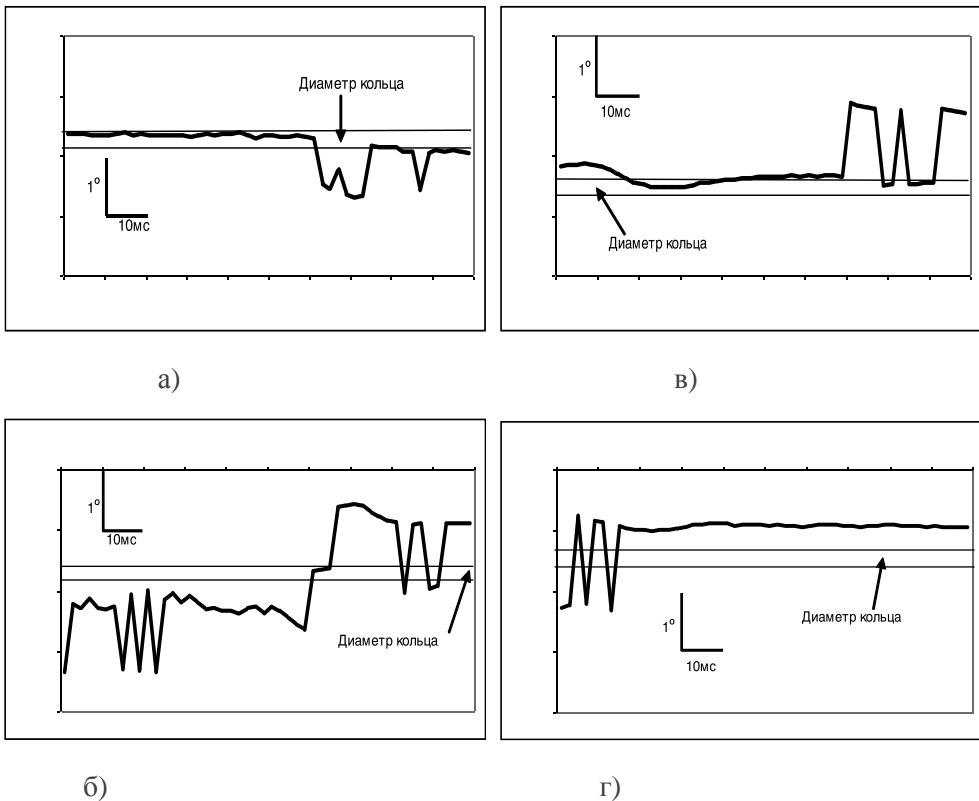


Рис. 3. Примеры фликов на окулограммах испытуемых Е.Х. и О.О.: а), в) – горизонтальные составляющие (х); б), г) – вертикальные составляющие (у)

флики находятся в диапазоне тремора, по амплитудным – на границе микро- и макросаккад. Флики появляются только при съемках живого глаза, имеют нерегулярный характер и варьируют от испытуемого к испытуемому.

Анализ сырых данных координат центра зрачка и центра инфракрасного блика показывает, что флики генерируются при изменении координат центра зрачка, но при практически неизменных координатах центра блика. Поскольку подвижность блика рассматривают как основной признак работы экстраокулярных мышц, зарегистрированные флики имеют не окуломоторную, а какую-то иную природу. Наиболее вероятно, что они обусловлены процессами, протекающими внутри глазного яблока, например микродинамикой зрачка во время длительных фиксаций, или особенностями работы математической модели, заложенной в основу программы обработки изображений глаз. В любом случае речь идет о внешних факторах, искажающих действительную картину окуломоторной активности.

На рисунке 4 представлена траектория перемещений глаз при переводе взора с одной точки на другую (по диагонали) и обратно: 1 – дрейф, сопровождающий фиксацию точки в центре экрана; 1–2 – диагональная саккада (амплитуда – $\approx 14^\circ$, скорость – $\approx 367^\circ/\text{с}$); 2–3 – дрейф, перемежающийся микросаккадами; 3–4 – возвратная саккада (амплитуда – $\approx 14^\circ$, скорость – $\approx 318^\circ/\text{с}$); 5 – дрейф (амплитуда – $\approx 1,3^\circ$, скорость – $\approx 2,26^\circ/\text{с}$), перемежающийся микросаккадами.

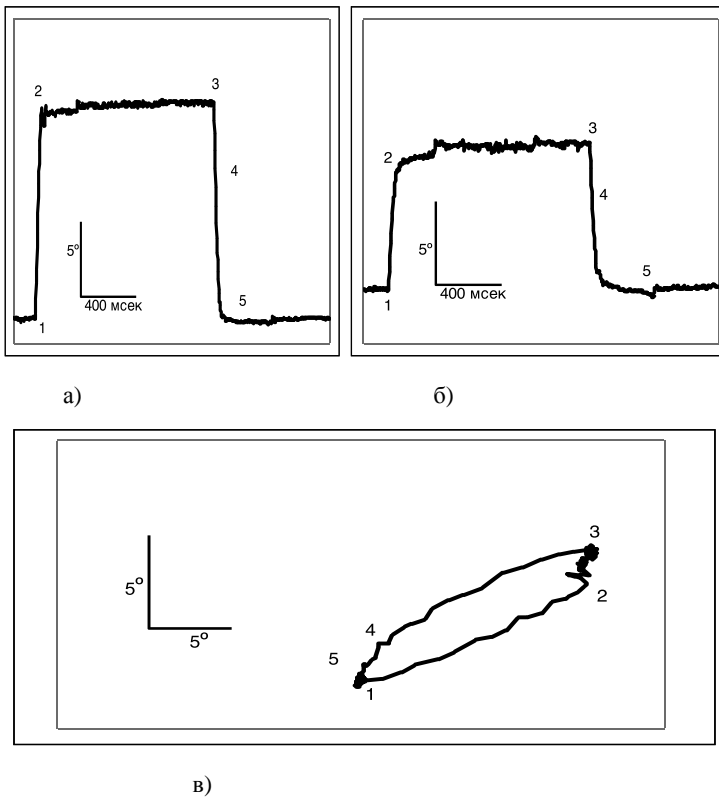


Рис. 4. Окулограммы саккад и дрейфов: а) горизонтальная составляющая (x); б) вертикальная составляющая (y); в) изображение на плоскости (x, y)

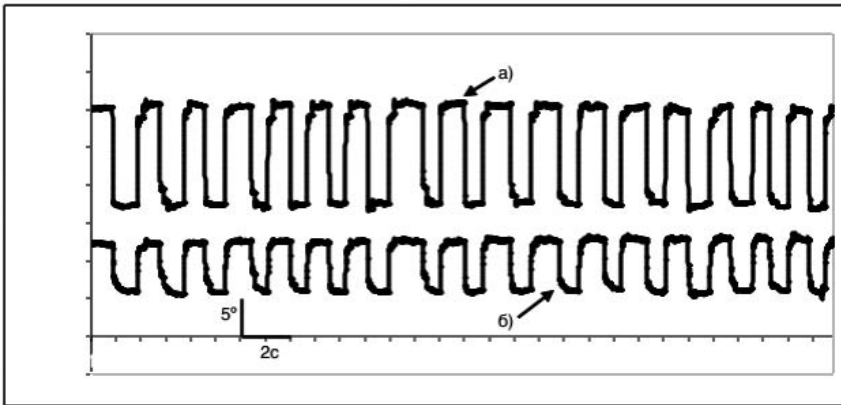


Рис. 5. Окулограммы регулярного перевода взора с точки на точку: а) горизонтальная составляющая (x); б) вертикальная составляющая (y)

Обратим внимание, что траектории саккад отображаются неравномерно и имеют вид каскада более мелких саккад. Скорость выполнения фиксационного поворота многократно разнонаправлено меняется. Это явно не соответствует динамике выполнения быстрых движений, хорошо описанных в литературе, и указывает на наличие внешних возмущающих воздействий. Не исключено, что регистрируемые искажения траектории и скоростного режима саккад вызваны теми же причинами, которые обуславливают появление фликов при устойчивой фиксации испытуемыми точечных объектов.

Окулограммы регулярного перевода взора с точки на точку представлены на рисунке 5. Анализ показывает, что общий вид окулограммы в целом соответствует образцам, приводимым в литературе (Андреева, Вергилес, Ломов, 1975; Барабанщиков, 1997; Гуревич, 1971; и др.) Как и ожидалось, повороты глаз имеет асимметричный характер и нередко состоят из нескольких саккад, однако дифференцировать коррекционные саккады и внешние возмущающие воздействия на фиксационный поворот затруднительно. Фиксационная привязка глаза к объекту внимания достаточно точна и стабильна.

Выводы

Апробация оборудования HSSMI на фиксированном «взоре» манекена показала, что максимальный разброс направлений, детектируемый айтрекером, составляет по горизонтали $\pm 11'$, по вертикали – $\pm 5'$. Эти значения задают границы предельной чувствительности аппаратуры.

Хотя в целом айтрекер удовлетворительно воспроизводит микро- (верхний диапазон) и макро- (нижний и средний диапазон) движения глаз, существуют возмущающие воздействия, искажающие картину фиксаций и целенаправленных саккадических поворотов глаз.

Высокая частота видеосъемки поверхности глаз сама по себе недостаточна для адекватного отображения окуломоторных процессов. Необходима процедура сепарации собственно движений от совокупности событий, протекающих внутри глаза и на его поверхности.

Литература

- Андреева Е. А., Вергилес Н. Ю., Ломов Б. Ф. Механизм элементарных движений глаз как следящая система // Моторные компоненты зрения. М.: Наука, 1975. С. 7–55.
- Барабанщиков В. А. Окуломоторные структуры восприятия. М.: ИП РАН, 1997.
- Гиппенрейтер Ю. Б. Движение человеческого глаза. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978.
- Гуревич Б. Х. Движения глаз как основа пространственного зрения и как модель поведения. Л.: Наука, 1971.
- Ярбус А. Л. Роль движений глаз в процессе зрения. М.: Наука, 1965.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ МЕТОД ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ (ГРВ) В ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ¹

А. В. Жегалло**, С. Д. Кулик*, Е. А. Лупенко*,
Н. А. Смоленкова*, А. Н. Харитонов**

* Московский городской психолого-педагогический университет (Москва)

** Институт психологии РАН (Москва)

ankhome47@list.ru

Обсуждается возможность использования эффекта свечения биологических объектов в электромагнитном поле для диагностики состояний. Разность площадей свечения пальцев рук, регистрировавшегося методом газоразрядной визуализации с использованием фильтра и без фильтра, сопоставлялась с показателями вегетативного тонуса, определявшимися по тесту Люшера. Обнаружены корреляционные связи между величиной разности площадей свечения с коэффициентом Шипоша.

Ключевые слова: метод газоразрядной визуализации (ГРВ), ГРВ-граммы с фильтром и без фильтра, состояние вегетативной нервной системы, методики диагностики психологического и психофизиологического состояния.

Характерное свечение различных объектов, в том числе биологических, в электромагнитном поле известно более 200 лет. Впервые этот эффект был обнаружен Лихтенбергом в конце XVIII в. Позже свечение было запечатлено на фотопластинке и приобрело название «фигуры Лихтенберга». В 1904 г. де Моруа создал первую электрографическую камеру. Распространению метода регистрации мешала сложность использовавшейся тогда аппаратуры для получения снимков и ее объективная опасность. В России в 1891 г. это явление изучил и описал Я. О. Наркевич-Йодко, однако более широкую известность эффект получил благодаря работам С. Д. и В. Х. Кирлиан, изучавшим его в 1930–1940 гг. С помощью предложенного ими метода на фотопластинке фиксировались свечения самых разнообразных объектов, включая биологические.

Было замечено, что характер свечения изменяется в зависимости от состояния биологического объекта, что у человека связывается с хорошо известной кожно-гальванической реакцией – изменением электрической проводимости кожи. Это и послужило отправным пунктом для ряда исследований, имевших конечной целью разработку метода, основанного на регистрации данного эффекта, для использования в физиологии, психологии и медицине в целях диагностики состояний.

1 Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (ГК № 02.740.11.0420).