



ОЦЕНКА И НИВЕЛИРОВАНИЕ «ШУМОВ» АЙТРЕКЕРА

ОКУТИН О.Л., *Институт психологии РАН, Москва*

ОКУТИНА Г.Ю., *Институт психологии РАН, Москва*

Описан метод оценки и нивелирования «шумов» айтрекера на основе «манекен-теста». Метод позволяет использовать сырые данные регистрации позиции глаз без их потери и искажения. Апробация метода проводилась на оборудовании HighSpeed-1250 немецкой фирмы SMI.

Ключевые слова: айтрекер, тестирование аппаратуры SMI, точность измерений движений глаз, саккада, дрейф, фиксация, неподвижный взор, масштабирование графических изображений, сохранение сырых выходных данных, «манекен-тест».

Для получения реальных, очищенных от побочных влияний различной природы данных о движении глаз с помощью айтрекеров необходимо иметь четкое представление, какие «шумы» присущи данной аппаратуре. При этом каждый аппаратный комплекс, даже изготовленный одним и тем же производителем по одним и тем же технологиям, но установленный в конкретном месте, очевидно является уникальным в своем роде и имеет свой уникальный набор «шумов». Часто для шумоподавления используют различные математические фильтры, которые по своей природе сглаживают выходные данные за счет различного рода усреднений, что приводит к искажению результатов.

С целью сохранения сырых выходных данных айтрекера предлагается использовать метод оценки и нивелирования «шумов» айтрекеров на основе «манекен-теста». Этот метод позволяет использовать сырые данные регистрации позиции глаз без их потери и искажений. Описанию принципа и процедуры метода посвящена данная статья. Апробация проводилась на установке HighSpeed-1250 компании SMI, предназначенной для высокоскоростной видеорегистрации движений глаз. В данной системе используется принцип видеорегистрации движений глаз, при котором направление взгляда определяется на основе вектора смещения между позициями центра зрачка и роговичного блика (Pupil-CR метод). К основным характеристикам установки относятся следующие: возможная частота регистрации в монокулярном режиме – 1250 или 500 Гц; разрешающая способность 0,01°; типичная точность определения направления взгляда 0,25 – 0,5°; диапазон линейности $\pm 30^\circ$ по горизонтали, 30° вверх, 45° вниз.

Описание метода

Метод состоит из двух частей: «манекен-теста» и процедуры оптимизации диапазонов представления выходных данных в графическом виде, позволяющей сгладить влияние «шумов» аппаратуры.

«Манекен-тест». Лучше всего «шумы» видны при регистрации «взора» неподвижного глаза, когда движения регистрируемого глаза отсутствуют, а выходные данные имеют колебательную составляющую. Именно эти колебания и порождены «шумами» различной природы, от которых необходимо избавиться. Поскольку глаз живого человека посто-



янно совершает какие-либо движения, то подобные испытания целесообразно проводить с использованием искусственного глаза. Для этого в глазные впадины манекена устанавливаются протезы глазного яблока, близкие по размеру и внешнему виду к реальному глазу человека. Голова манекена крепится к консоли тестируемой аппаратуры, составляя с консолью единое целое.

При тестировании аппаратуры зрачок искусственного глаза оказался недостаточно контрастным, и при настройке аппаратуры не выделялся центр зрачка. После его «зачернения» было проведено исследование размеров точки, вернее, области, в которую направлен «взор» манекена.

Согласно инструкции разработчика, голова манекена крепилась к консоли аппаратуры, и проводилась тонкая настройка двух детектируемых точек на искусственном глазе манекена – центра зрачка и центра инфракрасного блика на роговице. Визуально была достигнута хорошая устойчивость этих точек. В идеале авторы ожидали увидеть в качестве выходных данных практически неподвижную точку. Частота видеосъемки поверхности глаза – 500 Гц. Проведено пять серий по 30 секунд. Таким образом, было получено около 75 тысяч значений координат точки «взгляда».

В качестве выходных данных были получены сырые координаты, которые были переведены в программу EXCEL и представлены графически (рис. 1, 2).

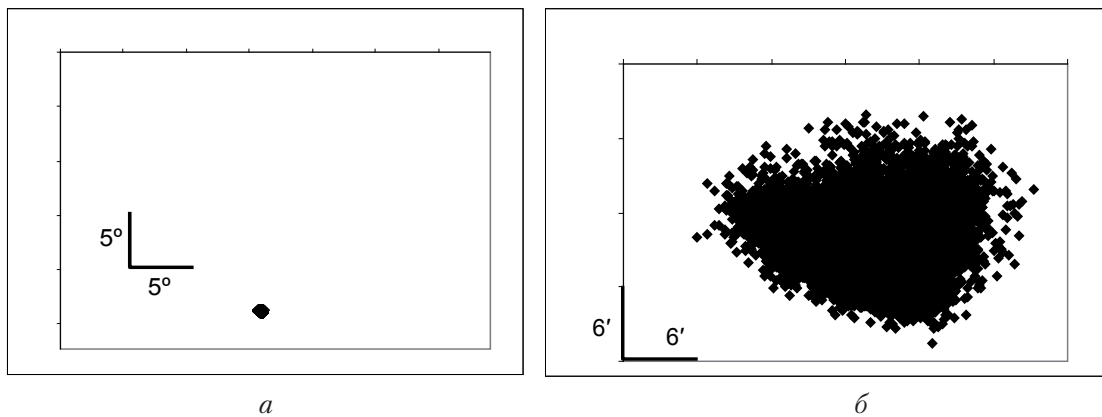
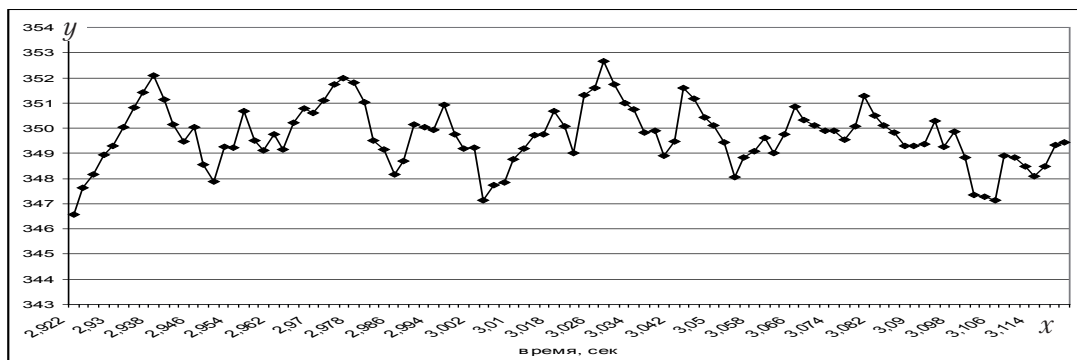
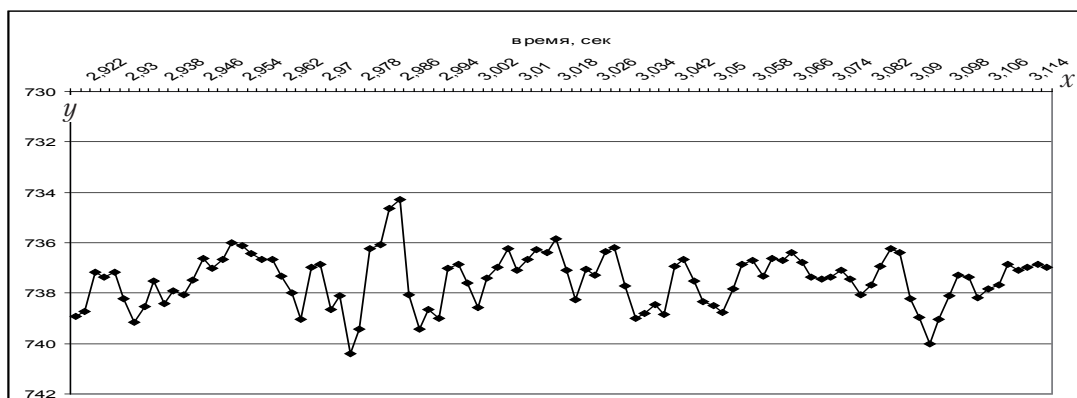


Рис. 1. Область фиксации неподвижного «взора» манекена: а – в масштабе экрана монитора; б –увеличенный масштаб (x 40)



а



б

Рис. 2. График характерных изменений координат точки «взора» манекена x (рис. а) и y (рис. б) на одном из временных интервалов, построенный в диапазоне изменений осей ординат 11 пикселей

Анализ выходных данных может дать нам некоторые количественные оценки результатов неподвижного «взора» манекена. Ширина пятна составляет около 12 пикселей, высота – не более 9 пикселей. Размеры экрана 1280 x 1024 пикселей, что соответствует 360 x 298 мм. Расстояние до экрана – 600 мм.

Обозначим α угол разброса «взгляда» по горизонтали, а β – угол разброса «взгляда» по вертикали. Тогда $\text{tg}(\alpha/2)$ равен отношению половины ширины пятна «взгляда» к расстоянию до экрана, $\text{tg}(\beta/2)$ будет представлять отношение половины высоты пятна «взгляда» к расстоянию до экрана. Находя arctg этих соотношений, видим, что разброс «взгляда» по горизонтали составляет $\pm 10'$, а по вертикали – $\pm 7,5'$ (см.: Барабанщиков и др., 2010).

Процедура оптимизации диапазонов представления выходных данных в графическом виде. Процедура состоит из двух этапов:

1. Подбор диапазонов представления данных «взгляда» манекена в графическом виде по критерию константности, т. е. график должен в выбранном диапазоне представлять практически прямую или слабо осциллирующую линию, параллельную оси абсцисс. Это с очевидностью происходит при сильном увеличении масштаба. Однако выбрать необходимо тот диапазон, при котором график только начинает удовлетворять критерию константности. В противном случае можно вместе с «шумами» потерять и саму феноменологию реальных движений глаза человека.

2. Представление траектории движений глаза реальных испытуемых в полученном диапазоне.

Этап 1 (подбор диапазонов) может быть осуществлен *двумя способами*: визуально, удовлетворяя требованиям задачи исследования; и формализовав процедуру подбора масштабов и физических параметров графиков.

Первым способом (визуальным) подбор осуществляется экспериментатором путем растягивания по оси абсцисс и сжатия по оси ординат графиков и/или последовательным увеличением диапазона представления графиков по оси ординат. Это сглаживает ломаную. Добившись удовлетворительной константности представляемой ломаной линии, необходимо зафиксировать диапазон представления данных. На этом этап 1 завершен.

Второй способ (формализация процедуры подбора параметров графиков) опирается на количественную оценку «практической константы». Выходные данные движений глаз



представляют собой координаты положений точки «взора» в каждый момент детекции. Будучи соединенными, эти точки на временной развертке представляют собой ломаную линию, каждое звено которой имеет количественно оцениваемый угол к горизонтальной прямой. Диапазон изменения этого угла может составлять от 0° (горизонтально расположенное звено) до $\approx \pm 90^\circ$ (вертикально расположенное звено). Знак «+» указывает на восходящее расположение, а «-» на нисходящее расположение звена ломаной в точке. Задавшись максимальным углом наклона ломаной, удовлетворяющим требованиям экспериментатора, можно подобрать те же параметры изображения графика.

Например, максимальный угол наклона звена ломаной линии в $\pm 30^\circ$ может вполне удовлетворять требованию «практической константности» изображаемого графика.

На этапе 2 строятся графики движений глаз реальных испытуемых в диапазоне, полученном на этапе 1.

В случае с аппаратурой SMI этот диапазон составил 150 пикселей по оси ординат. Дальнейшее увеличение диапазона сглаживало ломаную еще больше, но при этом феноменология движений глаз испытуемых тоже становилась менее заметна.

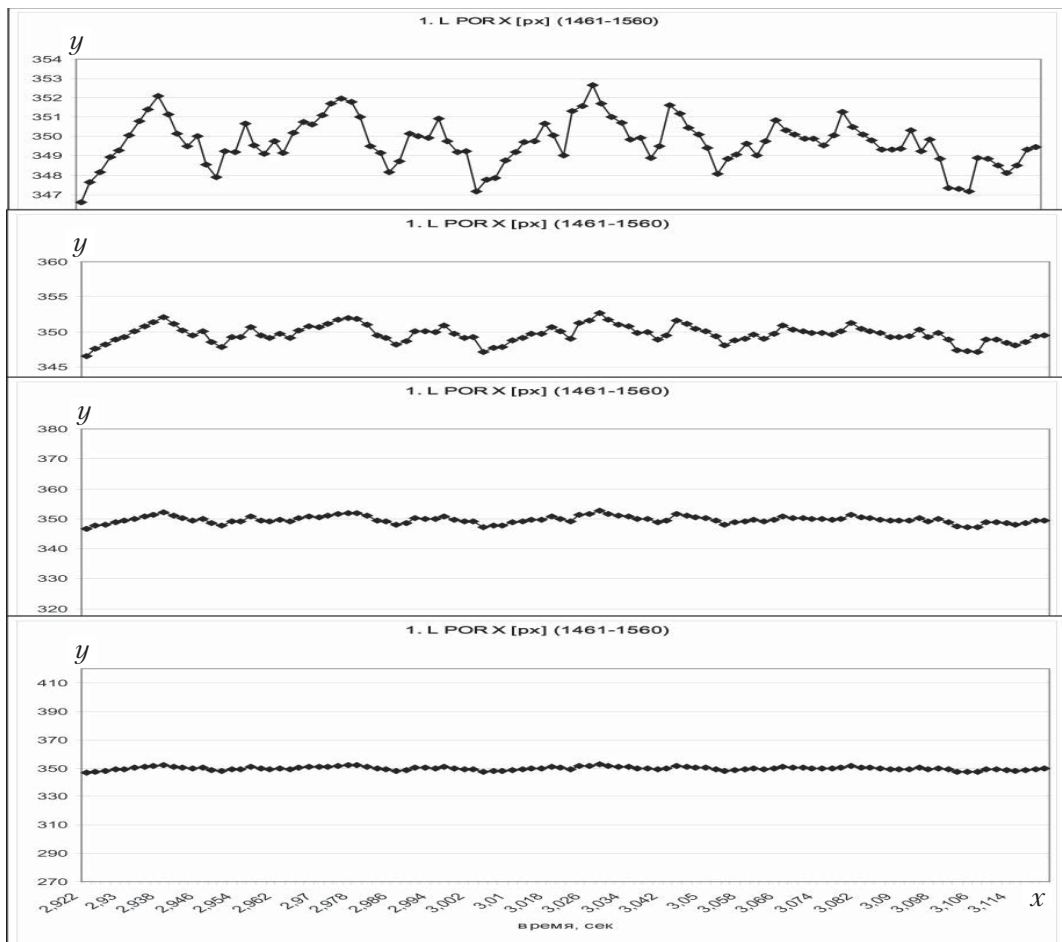


Рис. 3. «Выравнивание» ломаной линии, соответствующей сырым данным регистрации положения глаза манекена по горизонтали x с помощью процедуры подбора диапазона представления графика



На рис. 3 показано, как происходит выравнивание графиков. При увеличении диапазона изменения значений с 7 пикселей до 15, 60 и в итоге до 160 пикселей при фиксированном диапазоне изменения временной координаты, график постепенно из ломаной линии «выравнивается» до практически прямой. Для координаты y процедура аналогична. В результате процедуры подбора получен диапазон 160 пикселей, в котором целесообразно рассматривать траектории движения точки взора реальных испытуемых.

На рис. 4 показано, как изменяется график движения взора реального испытуемого в соответствующем «бесшумному» диапазоне (150 пикселей) по сравнению с диапазоном, подобранным автоматически программой EXCEL.

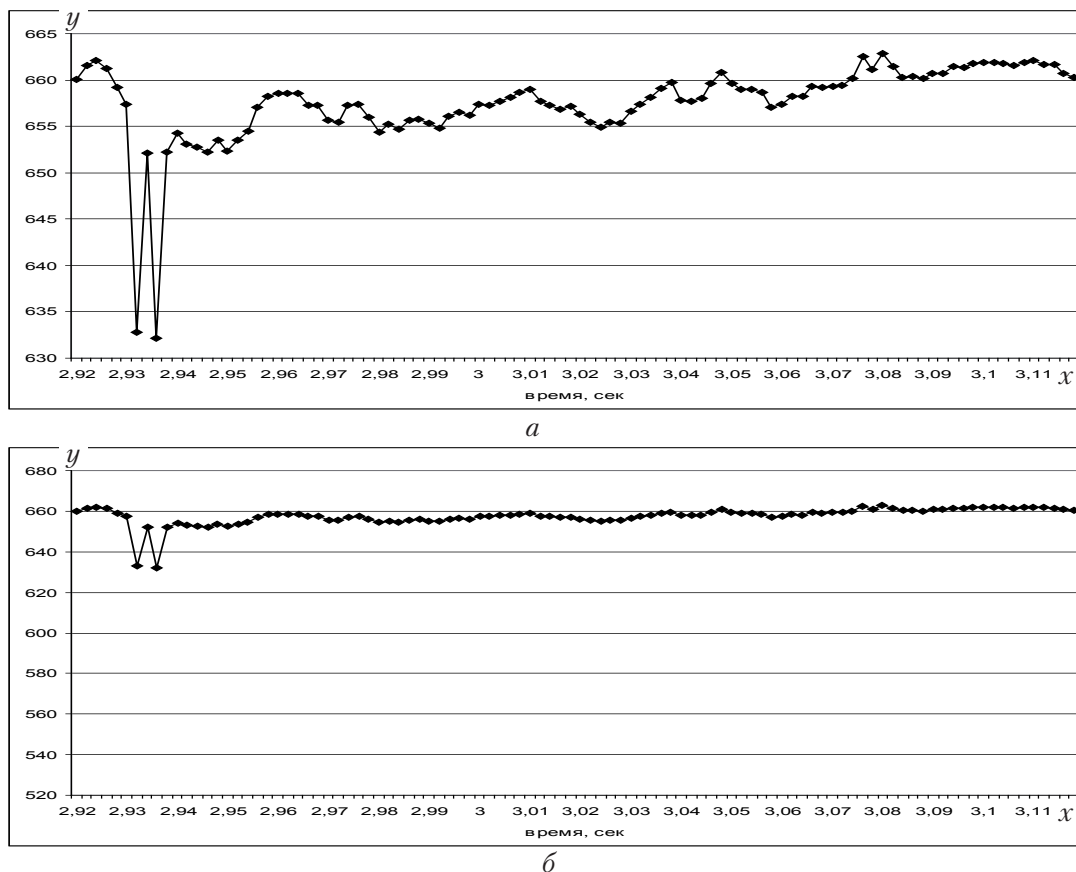


Рис. 4. а – изображение движений глаз испытуемого по горизонтали x в диапазоне 35 пикселей при выполнении задачи фиксации точки; б – тот же график в диапазоне 160 пикселей, соответствующем отсутствию «шумов»

Выводы

Процедура оценки и нивелирования «шумов» айтрекеров на основе «манекен-теста» состоит в следующих последовательных шагах:

1. Подобрать искусственный глаз, детектируемый аппаратурой, и создать условия, соответствующие детекции реальных глаз испытуемых (расположение, крепление, направление «взора»).
2. Зарегистрировать направление «взора» искусственного глаза манекена.



3. Полученные данные представить в графическом виде.
 4. Подобрать оптимальный диапазон значений осей ординат, обеспечивающий «практическую константу» во времени.
 5. Рассматривать феноменологию движения глаз реальных испытуемых в оптимальных диапазонах, получая тем самым результаты, освобожденные от «шумов» аппаратуры.
- Описанный метод сохраняет выходные данные айтрекера, создавая необходимый фон для анализа движений живого глаза. Метод может применяться к оценке «шумов» на айтрекерах и определять характеристику конкретной аппаратуры перед началом ее использования для эффективного решения задач окулографии.

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.
- Барабанищikov В. А. Окуломоторные структуры восприятия. М.: Институт психологии РАН, 1997.
- Барабанищikov В. А., Окутина Г. Ю., Окутин О. Л. Чувствительность айтрекера и точность измерений положения глаз // Экспериментальная психология в России: Традиции и перспективы. М.: Институт психологии РАН, 2010. С. 90–96.
- Гиппенрейтер Ю. Б. Движение человеческого глаза. М.: Изд. МГУ, 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.

EVALUATION AND LEVELING EYE-TRACKER «NOISE»

OKUTIN O. L., *Institute of Psychology, RAS, Moscow*

OKUTINA G. YU., *Institute of Psychology, RAS, Moscow*

A method of evaluation and leveling eye-tracker «noise» is described based on a «dummy test». The method makes possible usage of raw data on eye positions without losses and distortion. The method has been tested using an SMI (Germany) HighSpeed-1250 tracker.

Keywords: eye tracker, testing SMI apparatus, eye movement measurement preciseness, saccade, drift, fixation, stable gaze, graph scaling, preservation of raw output data, «dummy test».

Transliteration of the Russian references

- 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.
- Барабанищikov В. А. Окуломоторные структуры восприятия. М.: Институт психологии РАН, 1997.
- Барабанищikov В. А., Окутина Г. Ю., Окутин О. Л. Чувствительность айтрекера и точность измерений положения глаз // Экспериментальная психология в России: Традиции и перспективы. М.: Институт психологии РАН, 2010. С. 90–96.
- Гиппенрейтер Ю. Б. Движение человеческого глаза. М.: Изд. МГУ, 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.