

Таким образом, в каждой возрастной группе обнаружена высокая вероятность правильного прогноза классификации больных и здоровых, а также рассчитаны диагностические формулы при классификации здоровых и больных гидроцефалией для четырех возрастных групп. Работа показала высокую эффективность распознавания данной патологии на основании измерений параметров когнитивных функций при применении метода дискриминантного анализа.

Литература

- Берснев В. П., Хачатрян В. А., Лассан Л. П. Дифференциальная оценка психомоторного развития детей в диагностике и лечении врожденной гидроцефалии // Материалы научно-практической конференции, посвященной 30-летию нейрохирургического отделения республиканской клинической больницы. Махачкала, 1993. С. 36–37.
- Буклина С. Б., Филатов Ю. М., Мякота А. Е. Клинико-нейропсихологические обследования больных с арезорбтивной гидроцефалией // Вопросы нейрохирургии им. акад. Н. Н. Бурденко. 1993. Вып. 4. С. 21–24.
- Симерницкая Э. Г., Симерницкий Б. П. О нарушениях высших психических функций у больных с ранней гидроцефалией // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. 1981. № 10. С. 1470–1474.
- Симерницкая Э. Г. Мозг человека и психические процессы в онтогенезе. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985.
- Хомская Е. Д. Нейропсихология: 4-е изд. СПб.: Питер, 2006. С. 441–466.
- Op Heij C. P., Remer W. O., Cabreils F. J. M. Intellectual sequelae of primary non-obstructive hydrocephalus in infancy: Analysis of 50 cases // Clin. Neurol. Neurosurg. 1985. V. 87. № 4. P. 247–253.
- Tabachnick B. G., Fidell L. S. Using Multivariate Statistics // HarperCollins College Publishers. 1996. P. 507–574.

ГРАНИЦЫ ПРИМЕНИМОСТИ ПОДВИЖНОЙ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ ЗА НАПРАВЛЕНИЕМ ВЗОРА НАБЛЮДАТЕЛЯ¹

А. А. Малыхин, В. А. Барабанщиков

Институт психологии РАН, Центр экспериментальной психологии МГППУ
0.1.2.3.4.5.6.7@mail.ru

Изложены результаты тестирования возможностей и границ применимости подвижного айтрекера IVIEW X™ HED (SMI). Определены: а) среднее отклонение указателя направления взора от положения реального объекта для расстояний 0,75 м и 1,5 м; б) стандартное отклонение при направленности взора в одну точку на манекене и живом глазе; в) природа и величина ошибки параллакса в системе.

Ключевые слова: айтрекинг, SMI, IVIEW X™ HED, двигательный параллакс, чувствительность айтрекера, точность регистрации направленности взора.

Направленность взора человека изучается в экспериментальной психологии с середины XIX в. В течение столетия было разработано несколько методик, каждая из которых обладала определенными преимуществами и недостатками.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект N08-06-00316а, 09-06-12003 офи-м.

К числу наиболее точных относятся контактные, предполагающие укрепление присосок, контактных линз либо колец непосредственно на глазное яблоко (Барбанщиков, 1997). В последние годы с развитием информационных технологий и принципов видеосъемки широкое распространение получили методики, основанные на анализе положения зрачка, получаемого из видеоданных, и последующем расчете направления взгляда (айтрекинг). С помощью видеокамер небольших размеров и веса оказалось возможным расширить границы исследований движений глаз и использовать неконтактные методы регистрации в новом классе подвижных приборов. Мобильные айтрекеры без труда устанавливаются на голове испытуемого, не мешают его естественным движениям и поведению, позволяя тем самым приблизиться к проведению эксперимента в экологически валидных условиях.

Вопрос о границах применимости айтрекеров, использующих метод видеорегистрации положений зрачка (Guestrin, Eizenman, 2006), до сих пор остается открытым.

Методика

В нашем исследовании апробация возможностей «подвижного» метода регистрации движений глаз, проводилась на аппарате IView X™ HED производства немецкой компании SensoMotoric Instruments (SMI), принадлежащем Центру экспериментальной психологии МГППУ.

Принцип работы данного аппарата заключается в видеорегистрации смещений зрачка и блика, от направленного в глаз источника ИК-излучения. На роговице образуется блик, видимый камере как светлое пятно, зрачок распознается как черное. Регистрация ведется на одном глазе. Чтобы не загромождать испытуемому взор, используется зеркало, прозрачное для видимого спектра. На рисунке обозначены: **d** – камера, снимающая панораму перед испытуемым, на которую накладывается указатель направления взгляда; **d** – глаз испытуемого, с которого с помощью камеры **f** снимается положение зрачка и положение блика на роговице от источника ИК-излучения **h, g** – ИК-зеркало. При калибровке испытуемому предлагается посмотреть последовательно на 5 (или 13 для большей точности) точек, попадающих в поле



Рис. 1. Айтрекер IView X™ HED SMI в рабочем положении

контрольного монитора и совпадающих с соответствующими указателями на нем, при этом фиксируется положение глаза по координатам центров зрачка и роговичного блика. Таким образом устанавливается взаимное соответствие между изображением на экране контрольного монитора и направлением взгляда испытуемого. Основные характеристики прибора: частота кадров видеосъемки поверхности глаза 50 Гц/200 Гц, рабочая точность определения направленности взгляда $0,5^{\circ}$ – 1° , результатом работы является видео файл формата avi с графическим указателем положения взгляда для каждого кадра (рисунок 2).

Алгоритм работы на приборе, предлагаемый производителем, включает следующие шаги: установка и закрепление прибора на голове испытуемого, калибровка айтрекера на заданных условиях эксперимента расстоянии, сбор данных, освобождение испытуемого от прибора.

Попробуем выяснить, что происходит, если испытуемый отслеживает объект, перемещающийся в третьем измерении (в глубину), либо при приближении/удалении к объекту самого испытуемого. Производитель рекомендует осуществлять калибровку на таком же расстоянии, на котором будет происходить сбор данных. Но бывают случаи, когда этого недостаточно и исследователь вынужден столкнуться с подобной ситуацией.

Авторы провели ряд тестов, направленных на установление предельных возможностей мобильного айтрекера. Были выбраны два наиболее типичных расстояния, при которых происходит сбор окуломоторных данных: ближняя и дальняя зоны – 0,75 и 1,5 м соответственно. Испытуемый находился в положении «сидя», а его голова фиксировалась с помощью подбородника. Регистрация движений левого глаза велась с помощью аппаратуры IVIEW X™ HED, SMI. Испытуемому экспонировались две таблицы (по одной на каждую зону), расположенные на одной оси и увеличивающие свои размеры, пропорционально удаленности так, чтобы каждая таблица занимала в поле зрения приблизительно одну и ту же рабочую область (по горизонтали около 30°). Таблицы состояли из пяти строк и пяти столбцов, размеры таблиц 752×480 мм для 1,5 м и 376×240 мм для 0,75 м соответственно. Объекты в таблицах представляли из себя круги диаметром до 5 мм красного цвета с выколотыми центрами (белый круг диаметром до 2 мм). Испытуемому предлага-

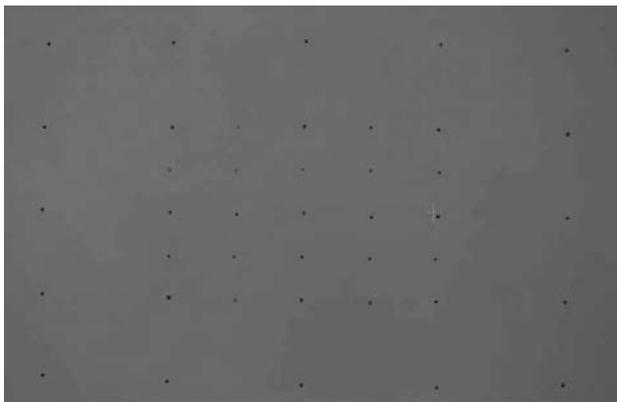


Рис. 2. Поле зрения наблюдателя с указателем направления взгляда (крест). Съемка таблицы с расстояния 1,5 м

лось последовательно фиксировать положение взора на кругах. После выполнения задания проводился анализ отклонений направления взора от расположения кругов в таблицах.

Проведено 10 замеров, по 5 для каждой зоны. Пробы с минимальными и максимальными средними значениями для каждой зоны были отброшены. Таким образом в расчет брались данные из трех тестов на расстоянии 0,75 м и трех на расстоянии 1,5 м, по 25 точек в каждом: соответственно усреднение проводилось по 150 результатам.

Результаты апробации

Согласно полученным данным, средняя точность составила 10,42 пикселей для расстояния 0,75 м и 16,09 пикселей для расстояния 1,5 м. Средняя ошибка прибора: 13,26 пикселей или $0,6^\circ$, что укладывается в размер точности, заявленной производителем аппаратуры (в видеофайле данных эта величина приблизительно совпадает с длиной луча крестика, являющегося указателем направленности взора (рисунок 2). При проведении замеров на расстоянии, отличающемся от калибровочного, возникающая ошибка изменяется по линейному закону, что говорит об ошибке параллакса. Также были проведены измерения на глазе манекена и глазе испытуемого, смотрящего в одну точку, длительностью около 30 с. Стандартное

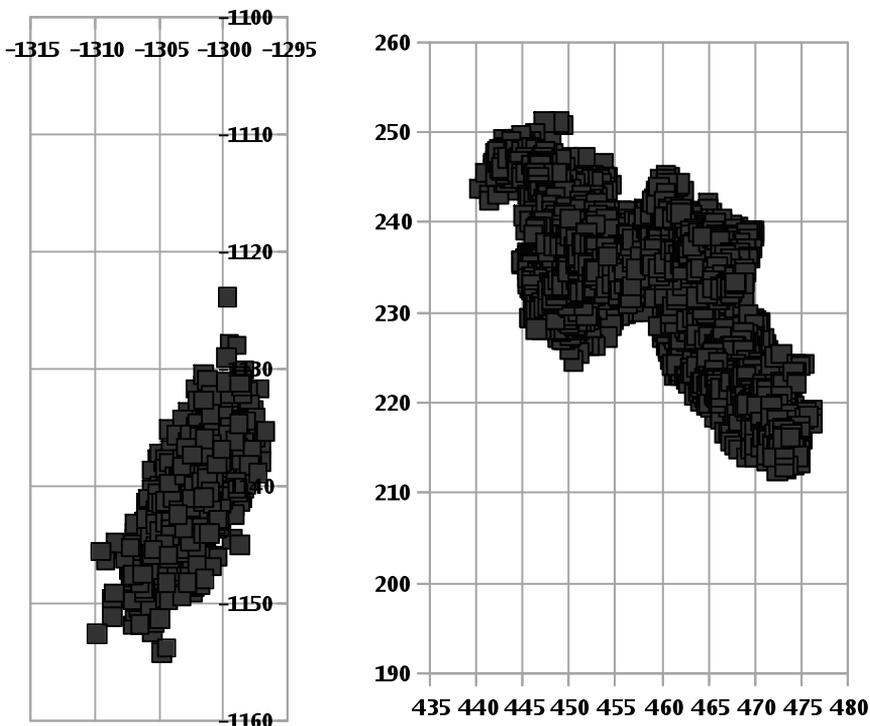


Рис. 3. Фиксация взора на неподвижной точке в условиях искусственного (слева) и живого (справа) глаз, координаты даны в пикселях

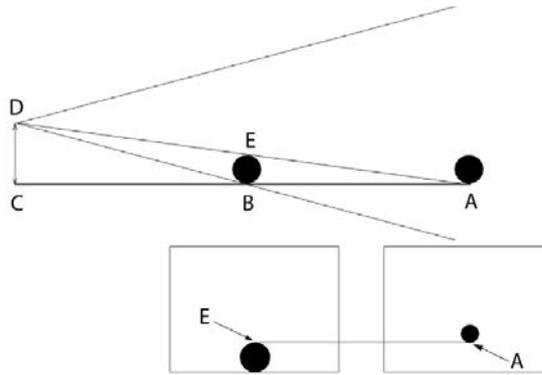


Рис. 4. Схема возникновения ошибки параллакса

отклонение составило $S = 3,1$ пикселей ($S = 0,16^\circ$) для манекена и $S = 7,84$ пикселя ($S = 0,4^\circ$) для живого глаза (рисунок 3).

Упрощенная схема эффекта параллакса представлена на рисунке 4. Природа его появления в том, что оптические оси внешней камеры, снимающей предметы в поле зрения испытуемого, и глаза исходят из разных точек пространства, удаленных друг от друга на расстояние, сравнимое с линейными размерами наблюдаемых объектов и их удаленностью.

Расстояние между точками расположения глаза (C) испытуемого и камеры слежения (D) занимает нескольких сантиметров. Первоначально объект предъ-является в дальней зоне наблюдения – в точке «А». Пусть испытуемый фиксирует нижнюю грань объекта (CA), тогда после калибровки на экране контрольного дисплея можно увидеть картинку, как на рисунке справа: где стрелкой указана точка, куда согласно прибору направлен взор испытуемого (DA). Если переместить объект ближе к испытуемому в два раза, его изображение увеличится вдвое, но направленность глаз не изменится. Глядя на левое изображение экрана на рисунке, нетрудно заметить рассогласование между направлением взора, как его презентирует прибор, и реальным направлением глаз испытуемого: наблюдатель по-прежнему смотрит на нижнюю границу шара, а прибор тем временем указывает на верхнюю.

С помощью несложных вычислений можно оценить величину ошибки, возникающей вследствие эффекта параллакса. Если CD – среднее расстояние между положением зрачка и объектива смотрящей вперед камеры. CA – расстояние на котором делалась калибровка, CB – расстояние от испытуемого до объекта в ходе эксперимента, то тогда величина ошибки (BE) может быть рассчитана по формуле $BE = CD \cdot (CA - CB) / CA$.

В данном случае: $CD = 100$ мм, $CA = 1500$ мм, $CB = 750$ мм, следовательно величина ошибки (BE) = 50 мм, что составляет для длиннофокусного объектива $f = 8$ мм около 8 пикселей ($0,45^\circ$) с расстояния 0,75 м.

Таким образом, используя мобильный айтрекер, исследователь сталкивается с возможностью появления ошибки, которая по величине может превосходить аппаратную в несколько раз. К счастью, эффект параллакса можно устранить или учесть. Решит проблему, например, совмещение в приборе оптических осей глаза и камеры наблюдения через систему зеркал. Учет ошибки возможен, по простой формуле: $BE = CD \cdot (CA - CB) / CA$, где для данной калибровки константами являются все пере-

менные, кроме СВ, которую можно получить: используя знание о расположении объекта в каждый момент времени, используя спецтехнику для определения расстояний или вычислив это расстояние на основе информации о вергентных движениях глаз испытуемого.

Выводы

Апробация возможностей подвижного айтрекера IView X™ HED показала, что:

- 1 На небольших расстояниях (несколько метров) прибор возможно использовать только для демонстрации стимульного материала в одной, заранее фиксируемой плоскости.
- 2 Получены значения погрешности измерений для неподвижного искусственного ($0,16^\circ$), условно неподвижного живого ($0,4^\circ$) и аппаратной ошибки для подвижного живого глаза ($0,6^\circ$).
- 3 Предложены методы нивелирования ошибки параллакса и, следовательно, повышения точности аппаратуры.

Литература

- Барабанщиков В. А. Окуломоторные структуры восприятия. М.: Изд-во ИП РАН, 1997.
- Guestrin E. D. and Eizenman M. General Theory of Remote Gaze Estimation Using the Pupil Center and Corneal Reflections, IEEE Transactions on Biomedical Engineering. V. 53. № 6. 2006. P. 1124–1133.
- SMI. SensoMotoric Instruments GmbH, Telto., 2002. <http://www.smivision.com>.

КОНФИРМАТОРНЫЙ ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА

П. А. Мармалюк

Московский городской психолого-педагогический университет, факультет
информационных технологий (Москва)
ykk.mail@gmail.com

Представлен новый метод, позволяющий проводить анализ результатов лонгитюдных исследований или данных мониторинга и выявлять факторы, влияющие на наблюдаемые характеристики, определять наличие и значимость связей между выявленными факторами, оценивать степень адекватности прикладных факторных моделей, используя статистические критерии согласия, а также новый критерий, позволяющий снять с результатов наблюдений ограничения, связанные с их вероятностным распределением.

Ключевые слова: мониторинг, лонгитюдные исследования, подтверждающий факторный анализ, вейвлет-анализ, сети Кохонена, критерий согласия χ^2 .

Разработан новый подход (Куравский, Мармалюк, Баранов, Абрамочкина, Петрова, 2009; Куравский, Мармалюк, Абрамочкина, Петрова, 2009; Kuravsky et al., 2008), опирающийся на возможности вейвлет-преобразований и идентификации