

- считывание показаний акселерометра;
- фильтрация полученных показаний (устранение высокочастотных помех и удаление составляющей гравитационного ускорения);
- расчет скорости посредством интегрирования по правилу трапеций;
- фильтрация рассчитанной скорости (устранение неточности интегрирования);
- расчет перемещения посредством интегрирования по правилу трапеций.

#### Список цитированных источников

1. Латий, О.О. Подход к биометрической оценке эргономики графического интерфейса пользователя / Д.А. Костюк, О.О. Латий, А.А. Маркина // Вестник БрГТУ. – 2016. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 46–49.
2. MPU-6000 and MPU-6050 Product Specification Revision 3.4 [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://goo.gl/gmQ36i>. – Дата доступа 10.09.2017.
3. SensorEvent [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://goo.gl/bbNTu4>. – Дата доступа 10.09.2017.

УДК 004.514.62

## ОСОБЕННОСТИ ОКУЛОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

*Маркина А.А., Дубицкий А.В.*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест  
Научный руководитель: Костюк Д.А., к. т. н., доцент*

Окулография (айтрекинг) – это анализ движения взгляда пользователя, зон визуальной фокализации, на которых концентрируется взгляд, или, в более узком смысле, определение точки пересечения оптической оси глазного яблока и наблюдаемого на экране объекта. В отличие от других методик тестирования эргономики интерфейса, при использовании биометрического оборудования (в частности, окулографического) испытуемые не комментируют свои действия, что является преимуществом, т. к. вербализация может влиять на поведение. Поэтому такие приборные исследования достаточно актуальны при исследовании эргономики графических приложений [1].

Результатом работы айтрекера является массив координат, соответствующих положению взгляда в различные моменты времени. При его интерпретации необходимо учитывать разницу между периферическим и центральным зрением (рис. 1).



**Рисунок 1 – Строение глаза и визуализация различий в периферическом и центральном зрении**

Фоторецепторы сетчатки глаза делятся на два типа – колбочки и палочки. Основная масса колбочек сосредоточена в центральной части сетчатки, называемой жёлтым пятном или макулой. Центральное (колбочковое) зрение является более детализированным, но охватывает достаточно малую часть поля зрения (см. область четкого изображения на рис. 1 справа), и информация поступает с помощью зрительной выборки. Однако, периферическое (палочковое) зрение указывает центральному на следующую точку фокусировки взгляда. Фактически, взгляд перемещается быстрыми скачками (саккадами) с короткими паузами между ними (фиксациями). Так, при работе с текстом за одну саккаду считается 7 – 9 букв, а продолжительность фиксации составляет около 250 миллисекунд, но восприятие распространяется на вдвое большее число букв из-за участия периферического зрения. Однако то, что воспринимают глаза, является лишь небольшой частью процесса – изображения, поступающие в мозг, изменяются и интерпретируются (треугольник Канижа, эффект Мюллера-Лайтера).

Применение айтрекера для оценки эффективности меловеко-машинного взаимодействия можно разделить на три категории:

- выяснение причин возникших затруднений (долгое заполнение формы и др.), в особенности, связанных с заметностью элементов, точками фокуса внимания, ментальной нагрузкой и отвлечениями;
- выявление особенностей поведения пользователей (стратегии визуального поиска, паттерны чтения и сканирования);
- сравнение нескольких дизайнерских решений в совокупности с другими видами тестирования (анкетированием, биометрической оценкой).

Последняя категория является наиболее трудоёмкой, т. к. требует учета корреляции между различными параметрами, соблюдения лабораторных условий, дополнительного видеопротokolирования рабочего процесса.

Несмотря на все преимущества использования данного оборудования, существует ряд ограничений. В процессе исследований движения глаз анализируется только центральное зрение, а видимое периферическое зрение не учитывается. Из того, что те или иные визуальные элементы интерфейса привлекли повышенное внимание пользователя, не следует, что эти элементы действительно удобны для решения конкретных задач, и пользователь не гарантированно обращал на них внимание (эффект слепоты невнимания); также сужается поле зрения при возникновении затруднений и стрессовой ситуации (гиперконцентрация, избирательное внимание). Кроме этого, легко исказить данные слежения за взглядом в зависимости от инструкций, которые были даны перед экспериментом. Также существуют физиологические ограничения использования данной методики, например, нистагм (неконтролируемые движения глаз с высокой частотой и, как следствие, нарушение фокуса взгляда).

Основная причина, по которой данная методология тестирования не является массовой – дороговизна необходимого специализированного оборудования. Профессиональные айтрекеры рассчитаны на исследовательские лаборатории с большим бюджетом, и их стоимость начинается от \$10000. Однако в последние годы на рынке появляются бюджетные устройства стоимостью сотни долларов, разработанные для игровой индустрии. Несмотря на то, что бытовые айтрекеры изначально ориентированы на сферу развлечений, они позволяют добиться точности, достаточной для решения ряда исследовательских задач [2].

В ходе исследования методика окулографического тестирования с использованием подобного бюджетного айтрекера, производимого компанией Tobii, отработывалась нами на задаче многократного поиска заданной геометрической фигуры в матрице из 25 различных фигур, в режиме переключения между двумя полноэкранными окнами либо в режиме неперекрывающихся окон. В начальном этапе тестирования принимали участие 13 человек (3 женщины и 10 мужчин) в возрасте от 18 до 25 лет. Предварительное обучение респондентов позволило снизить эффект новизны программного обеспечения. Невозможность исключения фоновых естественных эффектов в ходе эксперимента учитывалось при обработке данных с помощью удаления невалидных результатов. Визуализация результатов эксперимента осуществлялась построением теплокарт (рис. 2), а также оценкой смещения центра распределения средствами параметров описательной статистики, таких как выделение срединной области, через которую проходит взгляд, вычислением медианы, усредненное значение координат точки, где происходила фиксация взгляда, а также определение точки, на которой пользователь чаще всего фокусировал взгляд, с помощью моды. На основе теплокарт, выполняющих взвешенную визуализацию множества точек фиксации взгляда с помощью бивариантной оценки плотности ядра, выявляется стандартный паттерн сканирования информации (пользователь быстро просматривает строки с минимальной фокусировкой на них), а также особенности работы с элементами графических окон приложения (см. рис. 2, где на приведенных примерах теплокарт четко прослеживаются особенности тестовых заданий: длительная фокусировка взгляда на правой части изображения, предложенного для поиска, с попыткой его запоминания, а также сканирование матрицы изображений в левой части).

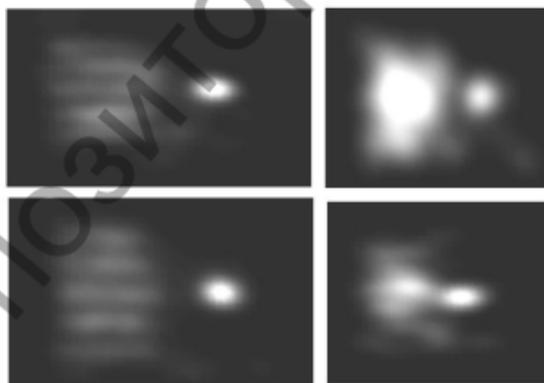


Рисунок 2 – Примеры визуализации результатов окулографического исследования

#### Список цитированных источников

1. Костюк, Д.А. Подход к биометрической оценке эргономики графического интерфейса пользователя / Д.А. Костюк, О.О. Латий, А.А. Маркина // Вестник БрГТУ. – 2016. – № 5: Физика, математика, информатика. – С. 46–49.
2. Gibaldi A. et al. Evaluation of the Tobii EyeX Eye tracking controller and Matlab toolkit for research // Behav. Res. V. 49, 2017. P.923–946.