

УДК 004.5

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ ОТСЛЕЖИВАНИЯ ВЗГЛЯДА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИНТЕРФЕЙСОВ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ

Сарычева Юлия Юрьевна

Студент группы ИУК4-21М Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 248000, Россия, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2.

saryuchevayuyu@student.bmstu.ru

Федоров Виктор Олегович

Кандидат технических наук, доцент Калужского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 248000, Россия, г. Калуга, ул. Баженова, д. 2.

fedorov_vo@bmstu.ru

Аннотация

Пользователь взаимодействует с программными продуктами и веб-приложениями при помощи графического интерфейса. Для того чтобы определить, насколько удачным получился интерфейс приложения, проводятся UX-исследования. Одним из инструментов, с помощью которого можно определить интерес пользователя, является технология отслеживание взгляда. К типам систем айтрекинга относятся: отслеживание взгляда со стабилизацией головы, удаленное (дистанционное) отслеживание взгляда, мобильное отслеживание взгляда, интегрированные или встроенные системы.

Ключевые слова: айтрекинг, отслеживание глаз, UX-тестирование, UX исследование, тестирование удобства, гейзтрекинг, окулография, айтрекер

EYE-TRACKING DEVICES USING IN THE SOFTWARE PRODUCTS' INTERFACES STUDYING

Yulia Yu. Sarycheva

Student of group IUK4-21M of Bauman Moscow State Technical University (Kaluga Branch), 248000, Russian Federation, Kaluga, Bazhenova st., 2.

saryuchevayuyu@student.bmstu.ru

Viktor O. Fedorov

Candidate of Technical Sciences, Docent of Bauman Moscow State Technical University (Kaluga Branch), 248000, Russian Federation, Kaluga, Bazhenova st., 2.

fedorov_vo@bmstu.ru

ABSTRACT

The user interacts with software products and web applications using a graphical interface. In order to determine how it successful, the application interface turned out to be, UX researches are carried out. One of the tools with which you can determine the interest of the user is eye tracking technology. Types of eye tracking systems include: head-stabilized eye tracking, remote eye tracking, mobile eye tracking, integrated or embedded systems.

Keywords: eye tracking, UX testing; UX research, usability testing, gaze tracking; oculography, eyetracker.

ВВЕДЕНИЕ

Пользователь взаимодействует с программными продуктами и веб-приложениями при помощи графического интерфейса. От качества удобства использования интерфейса зависит комфорт человеко-машинного взаимодействия, поэтому для UX-дизайнера важно выбрать такие инструменты, которые смогут помочь ему улучшить пользовательский опыт. Одним из таких инструментов, вызвавших интерес у дизайнерского сообщества, является технология отслеживание взгляда.

Концепция отслеживания движения глаз зародилась ещё в XIX веке, когда французский врач Эмиль Жаваль проводил свои первые исследования при помощи прямых наблюдений. Сегодня стало возможным использовать современные технологии, чтобы собрать множество ценных сведений о человеческом поведении с помощью приборов отслеживания взгляда.

Устройства отслеживания взгляда показывают те аспекты пользовательской активности, о которых сами пользователи зачастую не помнят. Когда участников тестирования спрашивают об их действиях, они могут не помнить о том, что они сделали (поскольку это было выполнено подсознательно или забыто), или же им просто бывает трудно вербализировать собственные рассуждения. Технология айтрекинга позволяет найти причины поведения, не полагаясь на подверженную ошибкам человеческую память.

Отслеживание взгляда (или же айтрекинг, окулография) – это технология, которая позволяет узнать направление взгляда человека, предмет его интереса и продолжительность фокусировки. Области, на которых взгляд пользователя перестает двигаться, называются «фиксацией», а движение глаза пользователя между точками фиксации называется «саккадой» [1]. Визуализируя саккады, можно увидеть траектории, по которым движется взгляд на странице. Например, существует расхожее выражение, что эффективные читатели глазами «сканируют» текст. С точки зрения движения глаз, у эффективного читателя, как правило, меньше фиксаций и более длинные саккады, в то время как у начинающего читателя, как правило, гораздо более длительные фиксации и гораздо более короткие саккады.

Айтрекер создает набор данных, записывая координаты много раз в секунду. Затем этот набор данных можно визуализировать и интерпретировать, чтобы выявить поведение, незаметное для пользователя. К примеру:

- Упорядоченный список фиксаций (и неупорядоченный список упущенных элементов) - отслеживание взгляда выделяет не только то, что пользователь видит, но и то, чего он не видит;

- Время, необходимое для достижения любой данной фиксации, зависящее от того, насколько легко или сложно было найти конкретный элемент;
- Продолжительность любой фиксации, зависящая от того, насколько привлекательным или понятным мог быть конкретный элемент;
- Количество фиксаций на элемент, зависящее от того, насколько отвлекающим, полезным или противоречивым мог быть конкретный элемент [2].

Принципы работы устройств отслеживания взгляда

Различают инвазивные и неинвазивные методы отслеживания взгляда. К устройствам, использующим методы первой группы, относятся склеральные контактные линзы (рис. 1). Сущность данного метода состоит в том, что, когда проводящая катушка движется в магнитном поле, это поле генерирует напряжение в катушке. Склеральная капсула глаза реагирует похожим образом. Таким же образом, если катушку прикрепить к склеральной капсуле глаза, появится сигнал о направлении взгляда. В склеральные контактные линзы вставляют небольшие проводящие катушки для измерения движения человеческого глаза. Зеркало, прикрепленное к контактной линзе, позволяет отражать свет, благодаря этому возможно отследить взгляд. Кроме того, катушка, прикрепленная к контактной линзе, позволяет обнаруживать катушку в магнитном поле [2].

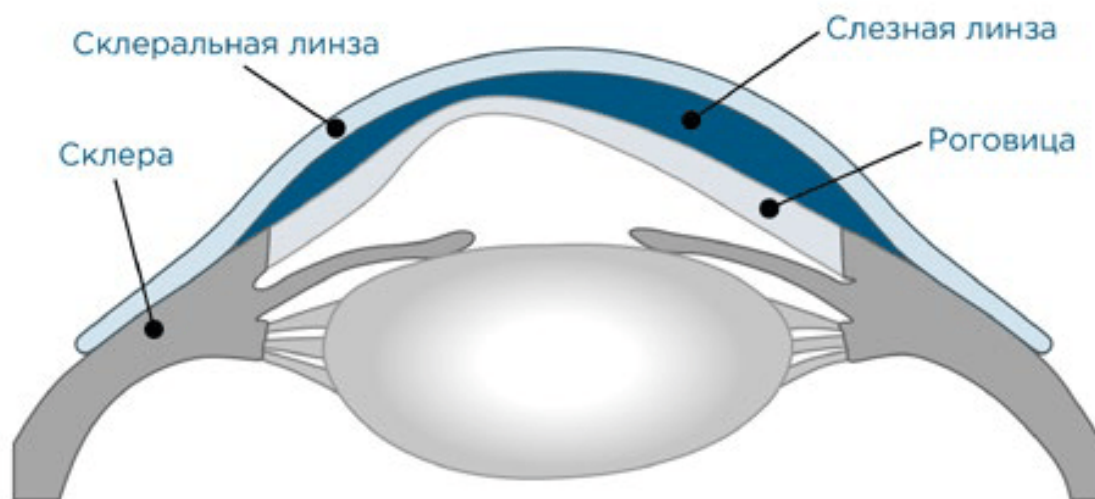


Рисунок 1. Механизм действия склеральных линз (источник: <https://skyoptixlab.com/products/dnevnye-linzy/>)

Недостатком таких устройств является необходимость непосредственного контакта с человеческим глазом, а достоинством – более высокая точность измерения и неограниченность процедуры во времени.

Другой инвазивный метод, метод инфракрасной окулографии, сравнивает положение отражения инфракрасного света от глаза (белое пятно в центре) относительно зрачка (черный кружок) и используется для расчета направления взгляда пользователя (рис. 2). Эта информация в сочетании с положением головы участника может быть экстраполирована для определения точки, на которой сфокусированы глаза пользователя, и соответствующих экранных координат. Этот метод относится к инвазивным методам, поскольку источник света и датчики необходимо фиксировать на очках [2].



Рисунок 2. Положение зрачка при разной фокусировке от камеры

Достоинствами метода инфракрасной окулографии являются менее зашумленные результаты, полученные при помощи данного метода, чем те результаты, полученные неинвазивными методами. Также к достоинствам устройств, использующих данный метод, относится способность измерения движений глаз в темноте.

Основным недостатком метода инфракрасной окулографии является то, что он может измерять движение глаз только примерно на ± 35 градусов по горизонтальной оси и на ± 20 градусов по вертикальной оси.

Неинвазивные устройства используют два метода: видеоокулография и электрокулонография [3].

Несмотря на то, что метод инфракрасной окулографии является достаточно точным, чтобы оценить степень движения глаз относительно головы пользователя, он не дает информации о наблюдаемой точке в пространстве: для этого типа анализа требуется, чтобы положение, ориентация и движение головы было известно. Чтобы отличить движения головы от движения глаз необходимо оценить особенности глаза, а затем определить направление взгляда с помощью соответствующей комбинации этих свойств.

В видеоокулографии применяется одна или несколько камер для определения движения глаз, поэтому они делятся на однокамерные айтрекеры или многокамерные, а сами видеосистемы айтрекинга делятся на активные (системы, которые устанавливаются на голову исследуемого) и пассивные (их устанавливают на компьютер, на котором проводится исследование) по отношению к глазам человека.

Принцип работы обоих типов систем является одинаковым: изображение глаза, регистрируемое камерой, будет изменяться, когда глаз поворачивается или перемещается в трехмерном пространстве. Этот метод определяет направление взгляда путем сравнения относительного положения зрачка и роговичного рефлекса, определяемого падающим светом [3]. Обычно система состоит из инфракрасного излучателя и одной камеры, чувствительной к инфракрасному излучению. Камера оснащена объективами и системой автофокусировки для компенсации движения головы. На полученном изображении будет видно движение только зрачка, в то время как роговичный рефлекс останется почти постоянным и будет использоваться для компенсации любого движения головы [4].

Также можно использовать упрощенный вариант видеоокулографии, который использует зрачок и роговичный рефлекс. Недорогая видеочка, например, веб-камера используется в сочетании со специальным программным обеспечением для обработки изображения: будут отслеживаться не только движения зрачка, но и положение глаза для компенсации смещения головы.

Другим неинвазивным методом отслеживания взгляда является метод электроокулографии, при котором с помощью определенного количества электродов,

размещенных вокруг глаз, измеряется изменение электрического поля, возникающее при вращении глаза. Положение глаза определяется путем регистрации небольшого колебания разностей потенциалов вокруг глаза, при этом при правильном выборе расположения электродов позволяет отдельно регистрировать горизонтальное и вертикальное движения глаза. Электроокулография основана на измерении разности потенциалов между роговицей и сетчаткой (примерно 1 мВ). Этот потенциал создает электрическое поле перед головой: поле меняет ориентацию в зависимости от направления взгляда, и его можно обнаружить, поместив электроды вокруг глаза [4].

Этот метод помогает людям с особыми потребностями управлять компьютерами с помощью движения глаз. Он часто используется в клинической практике, но не подходит для повседневного использования, так как требует тесного контакта электродов с кожей.

Важными преимуществами этого метода являются возможность регистрации движений глаз, даже когда они закрыты, т.е. во время сна, дешевизна и простота. К недостаткам данного метода можно отнести невозможность однозначного определения направления взгляда пользователя без оценки положения и пространственной ориентации головы, поскольку измеряет движение глаз относительно головы пользователя. Также данный метод не подходит для повседневного использования, поскольку требует аккуратного размещения электродов.

2. Калибровка оборудования

Организацию процесса слежения за глазами можно условно разделить на следующие этапы: этап настройки объекта, этап калибровки объекта и этап мониторинга [5].

На этапе настройки субъект садится на стул, а его положение регулируется относительно устройства слежения за глазами. Если используется налобная оптика, айтрекер размещается на голове испытуемого и регулируется. Этап настройки включает в себя настройку параметров программы слежения за глазами; обнаружение и обеспечение распознавания глаза (глаз) субъекта; и открытие файла, используемого для записи данных отслеживания взгляда [5].

Калибровка – это процесс, при котором оцениваются геометрические характеристики глаз субъекта в качестве основы для полностью индивидуального и точного расчета точки взгляда [6]. Во время этой процедуры айтрекер измеряет характеристики глаз пользователя, чтобы в дальнейшем использовать их для расчета данных вместе с внутренней анатомической 3D-моделью глаза. Эта модель включает в себя информацию о формах, преломлении света и свойствах отражения различных частей глаза (например, роговица, расположение центральной ямки и т. д.).

На этапе калибровки участнику показывают шаблон калибровки, состоящий из нескольких точек калибровки [6]. Это связано с тем, что существуют некоторые различия в размере глаз, положении центральной ямки и общей физиологии, которые необходимо учитывать для каждого человека. Участника исследования просят направить взгляд на каждую из калибровочных точек, и записывают положение глаз для каждой калибровочной точки. Значения калибровки используются при расчете местоположений точек взгляда на основе значений, полученных от устройства слежения за взглядом. Этап калибровки повторяется до тех пор, пока для каждой точки калибровки не будут зарегистрированы удовлетворительные значения калибровки. Одной из серьезных проблем при отслеживании взгляда является эффект дрейфа, который указывает на ухудшение калибровки с течением времени. Эффект дрейфа можно уменьшить, обеспечив стабильность световых условий окружающей среды и одинаковую интенсивность света между калибровочными стимулами и стимулами эксперимента.

Калибровка оборудования является очень необходимой и важной частью эксперимента. Калибровка устанавливает взаимосвязь между положением глаза в поле зрения камеры и точкой взгляда в пространстве, так называемой точкой наблюдения. В то же время калибровка устанавливает плоскость в пространстве, где визуализируются движения глаз. Плохая калибровка может сделать недействительным весь эксперимент по отслеживанию взгляда, потому что будет несоответствие между точкой зрения участника и соответствующим местоположением на дисплее. Существует множество методов калибровки, которые можно использовать, они обычно различаются по количеству откалиброванных точек.

Калибровки могут быть всего по одной центрированной мишени, но чаще это 5, 9 или даже 13 точек. Алгоритм создает математический перевод между положением глаза и положением взгляда для каждой цели, а затем создает матрицу для покрытия всей области калибровки с интерполяцией между каждой точкой [6]. Чем больше целей используется, тем выше и равномернее будет точность по всему полю зрения. Область калибровки определяет часть диапазона системы слежения за глазами с наивысшей точностью, при этом точность падает, если глаз перемещается под углом, большим, чем используемые точки.

Поскольку калибровка требует определенной степени сосредоточенности от исследуемого, во многих случаях необходимо выполнить валидацию, чтобы измерить успех калибровки, т.е. точность рассчитанного взгляда. Допуск на точность калибровки зависит от устройства, но в большинстве случаев погрешность угла обзора в пределах от 0,25 до 0,5 градуса считается приемлемой и находится в пределах ожидаемых допусков хороших коммерческих систем слежения за глазами (например, 0,3 градуса для большинства продуктов Tobii) [6]. Для многих устройств отклонение более чем на 1 градус считается неудачной калибровкой и требует повторной попытки. Многие участники улучшат свои навыки со второй или третьей попытки. Участники, у которых постоянно высокая ошибка валидации, могут иметь проблемы со зрением или физиологические проблемы, препятствующие их участию в эксперименте.

Этап мониторинга состоит из просмотра состояния слежения за глазами и, при необходимости, повторной настройки параметров во время слежения.

Также следует отметить, что некоторые устройства не нуждаются в калибровке, во-первых, если они являются продвинутыми системами, способными к самокалибровке путем создания сложных моделей глаза и пассивного измерения характеристик каждого человека, во-вторых, если полезные данные могут быть получены из необработанного положения зрачка (например, с помощью медицинского оборудования VOR, системы мониторинга усталости и т. д.).

3. Анализ устройств отслеживания взгляда

Большинство современных систем слежения за глазами относятся к одной из четырех категорий: стабилизированные на голове (HED), удаленные (RED), мобильные (наголовные) и встроенные (интегрированные) [7].

1. Отслеживание взгляда со стабилизацией головы

Стабилизированные на голове системы (HED) эффективны для исследований, требующих свободного движения головы. В этих системах слежения за глазами используется некоторый метод ограничения движений головы участника, обычно с помощью прикусной пластины или опоры для подбородка [7]. Как правило, это высокоточные исследовательские системы, которые используются в экспериментах по нейрофизиологии или зрению, где комфорт участников является вторичным по отношению к точности и аккуратности.

У этого инструмента существуют следующие преимущества:

- Повышенная точность и четкость: стабилизируя голову, эти системы могут игнорировать некоторые артефакты движения головы и зашумленные данные, полученные от отслеживания глаз. Эти системы жертвуют свободой передвижения и комфортом участников ради качества данных.

- Контролируемый визуальный опыт: системы со стабилизированной головой контролируют аспекты визуального опыта между участниками. Например, при фиксированном положении головы исследователь может быть уверен, что цель саккады находится ровно в 15 градусах от центральной точки фиксации. Если участник может свободно двигаться, этот угол может измениться для тех участников, которые наклоняются ближе к экрану.

Системы слежения за глазами со стабилизацией головы обычно достигают уровня точности, недостижимого для других типов систем. Эти типы систем также часто способны работать с гораздо более высокой частотой дискретизации, резко увеличивая временное разрешение для более быстрого анализа движения глаз.

Основным недостатком устройств отслеживания со стабилизацией головы является дискомфорт и неестественное взаимодействие участника. Но многие эксперименты, в которых используется стабилизация головы, не требуют, чтобы участник действовал естественно. Такие системы используются только в контролируемых лабораторных условиях.

2. Удаленные системы отслеживания взгляда (RED)

Современные удаленные системы называются «дистанционными», потому что они вообще не требуют контакта с участником. Камера настроена на вид глаз на расстоянии, и системы могут автоматически изменять поле зрения камеры, чтобы компенсировать движения головы. Они используют центр зрачка и отражение роговицы для отслеживания положения глаз и ориентации головы [7]. В системах RED наблюдатель должен сам большую часть времени сохранять одно и то же положение и избегать больших перемещений.

Системы дистанционного слежения за глазами обычно состоят из камеры и ИК-источника, расположенного ниже области исследования, чаще всего экрана компьютера. Удаленную систему можно расположить над дисплеем (например, это полезно для сенсорных экранов мобильных устройств), либо перед экраном, прикрепить к нему или встроить в ноутбук или монитор.

Эти системы всегда имеют функциональную рабочую зону, называемую «головным ящиком» (head box), и часто могут отображать движения глаз только в определенной «калибровочной плоскости», обычно на экране компьютера. Если участник покидает рабочую зону или смотрит за пределы плоскости калибровки, отслеживание будет временно прервано [7]. Хорошая удаленная система очень быстро повторно захватит глаза с минимальной потерей отслеживания, как только взгляд вернется на плоскость калибровки.

Некоторые преимущества таких устройств:

А) Естественное взаимодействие: в идеале участник может использовать компьютер совершенно естественно, пока работает система отслеживания взгляда. Этот подход отлично подходит для юзабилити-тестирования, различных экспериментов по психологии человеческого поведения и зрения, экранных исследований рынка и т. д., где более навязчивый интерфейс потенциально может изменить поведение участника.

Б) Бесконтактность: Удаленные системы часто являются единственным вариантом для исследования младенцев или участников, которые не переносят чужого прикосновения к голове.

Но у данного типа устройств также существуют следующие ограничения:

а) Рабочая область: Удаленные системы понимают только фиксированную рабочую область и не могут отслеживать область за её пределами. Трудно отслеживать движения глаз по сравнению с реальным объектом, таким как мобильное устройство или документ, если только этот объект не зафиксирован относительно камеры.

б) Движения головы: поскольку участник может свободно двигаться, он может изменить угол и расстояние до экрана и значительно изменить свое представление об объекте исследования по сравнению с другими участниками. Эти системы, как правило, способны приспосабливаться к движениям головы в определенной точке, но чрезмерное движение может вызвать пробелы в данных, неточность и шум. При этом также необходимо позаботиться о том, чтобы камера не могла фиксировать более чем одного участника.

в) Солнечный свет: большинство удаленных систем имеют оптический фильтр, который предотвращает влияние неинфракрасного света на отслеживание. Они будут хорошо работать при любом уровне искусственного освещения. Однако эти системы не переносят источники ИК-излучения, такие как солнечный свет, особенно если солнце отражается в глазах участника (т. е. он сидит перед солнечным окном).

3. Мобильное отслеживание взгляда

Мобильное отслеживание взгляда, иногда называемое «головным», состоит из устройства, которое носит участник, обычно в виде очков или повязки на голову. Для этого типа системы обычно требуется, чтобы камера или зеркало располагались на пути обзора одного глаза (монокуляр) или обоих (бинокуляр), а также имелась дополнительная камера, записывающая сцену или поле зрения [7].

Отслеживание взгляда в мобильной системе с креплением на голову выполняется относительно всего поля зрения, что делает его идеальным для экспериментов в реальном мире. К примеру, это идеальный вариант для исследования в области спорта, вождения автотранспорта, ориентирования на местности, социального общения, зрительно-моторной координации, тестирования мобильных устройств и т. д.

Что касается человеческого фактора и удобства использования, многие приложения включают изучение взаимодействия в промышленном контексте или при использовании объектов реального мира. Мобильные системы слежения за взглядом также используются для анализа UX приложений для смартфонов.

У данного типа устройств присутствуют следующие ограничения:

А) Солнечный свет: как и все устройства слежения за глазами, эти устройства могут иметь проблемы с отслеживанием движений глаз при солнечном свете. Также может быть трудным отследить, щурится ли участник из-за чрезмерной яркости или из-за бликов. Для предотвращения данного ограничения некоторые модели включают тонированные экраны с инфракрасным излучением, которые можно прикреплять к оправе.

Б) Эксцентричные движения глаз: поскольку камеры слежения за глазами должны иметь беспрепятственный обзор глаз, периферические движения глаз отследить довольно затруднительно, а это может повлечь изменения в точности. Поскольку движения глаз откалиброваны для камеры сцены, сам объектив камеры сцены может создать такое ограничение. Камера с телеобъективом фиксирует больше деталей, но участнику будет относительно легко выглянуть за пределы поля зрения камеры. Поскольку люди склонны смотреть на горизонт и ниже, большинство сценических камер ориентированы вниз.

В) Относительная система координат. В отличие от других систем, при использовании мобильного устройства слежения за взглядом отсутствует абсолютная система координат. Система записывает данные взгляда в системе координат, определяемой камерой сцены. Эта система координат на основе сцены действует как воображаемый экран, который движется вместе с головой участника.

Однако с помощью мобильной системы слежения за глазами целью может быть объект реального мира, записанный камерой сцены, например футбольный мяч. Положение мяча в камере сцены зависит от положения головы участника и может изменяться в зависимости, как от движения мяча, так и от движения участника одновременно. Некоторые системы также могут использовать маркеры в качестве метода разграничения единой области отслеживания (например, участка полки магазина или киноэкрана). Существуют также методы «отображения» данных отслеживания взгляда в более статичном представлении сцены.

4. Интегрированные или встроенные системы

Эта категория является универсальной для устройств слежения за взглядом. Сюда могут входить устройства для прицеливания в системах хирургии глаза и другие изделия медицинского назначения.

Такие системы также нашли свое применение в бытовой электронике. Например, фирма Canon выпустила несколько камер с системой автофокусировки, основанной на положении взгляда в видеискателе [8]. Устройства слежения за глазами также были интегрированы в приборные панели транспортных средств. В последнее время к интегрированным системам относятся системы, встроенные в устройства виртуальной или дополненной реальности.

Системы, интегрированные в устройства виртуальной и дополненной реальности, также могут использоваться в качестве схемы управления, где пользователь может взаимодействовать с контентом посредством движений глаз. Эта технология может обеспечить интуитивно понятный метод управления меню в AR и VR, где нет мыши или клавиатуры.

Общая характеристика исследованных систем отслеживания взгляда приведена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика исследованных систем отслеживания взгляда

Тип системы	Сферы использования	Ограничения
Отслеживание взгляда со стабилизацией головы	<ul style="list-style-type: none"> • Высочоточные эксперименты в области неврологии, физиологии, зрения или психологии • Эксперименты, в которых частота дискретизации и точность важнее, чем комфорт участников 	<ul style="list-style-type: none"> • Дискомфорт участников в течение длительного времени • Неестественная обстановка для участников • Невозможность использования для некоторых групп участников
Удаленное (дистанционное) отслеживание взгляда	<ul style="list-style-type: none"> • Эксперименты по психологии, неврологии и зрению • Исследования групп участников с ослабленным иммунитетом и младенцев - Вспомогательная коммуникация - Удобство использования веб-сайтов и программного обеспечения 	<ul style="list-style-type: none"> • Участник должен оставаться в пределах досягаемости камеры • Движения глаз записываются на 1 плоскости • Чрезмерные движения головы могут привести к неточности и потере отслеживания

	<ul style="list-style-type: none"> • Маркетинговые исследования для телевизионных рекламных роликов, веб-сайтов, рекламных объявлений • Эксперименты с ЭЭГ или биосенсором - Компьютерные игры 	<ul style="list-style-type: none"> • Плохо работает при солнечном свете
Мобильное отслеживание взгляда	<ul style="list-style-type: none"> - Реальные эксперименты с человеческим поведением • Спортивная тренировка, кинезиология, реабилитация, биомеханика, коммуникации, человеческий фактор, эргономика • Торговые точки, мерчандайзинг • Транспортные средства и высокоточные симуляторы 	<ul style="list-style-type: none"> - Данные относятся к полю обзора или видео сцены, а не к фиксированной абсолютной системе координат • Статистические данные требуют более субъективного анализа • Большая вариабельность результатов из-за увеличения свободы участников • Эксцентричные движения глаз также не отслеживаются
Интегрированные или встроенные системы	<ul style="list-style-type: none"> • Дополненная реальность • Виртуальная реальность • Устройства реального времени, такие как камеры • Медицинский анализ и глазные хирургические инструменты 	<ul style="list-style-type: none"> • Полезно только для данных типов устройств • При использовании AR/VR участник должен терпимо относиться к устройству - Узкоспециализировано, нельзя применить для широкого круга задач

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отслеживание взгляда — это технология, которая может изменить процесс создания продуктов. Возможность увидеть естественное взаимодействие пользователя с продуктами и услугами позволяет исследователям выявлять реальные проблемы юзабилити. При использовании вместе с другими методами исследования и тестирования отслеживание взгляда может стать источником ценной информации, которая даст представление об удовлетворенности и вовлеченности пользователей и поможет принимать решения по дизайну.

Существует несколько методов отслеживания взгляда, среди которых можно найти наиболее подходящий для каждого исследования. Отличный пользовательский опыт больше не является приятной неожиданностью, на него теперь можно повлиять и заранее улучшить. Неспособность произвести впечатление или, по крайней мере, быть понятым в момент первого взаимодействия с вашим продуктом или услугой означает почти верный и немедленный отказ со стороны клиента.

Список литературы:

1. Фроимсон М.И. и др. Система определения направления взгляда пользователя в режиме реального времени // Спецтехника и связь. Общество с ограниченной ответственностью «Спецтехника и связь», 2013. № 3. С.32–34.
2. Goldberg, J., Stimson, M., Lewnstein, M., Scott, N., and Wichansky. Eye Tracking in Web Search Tasks: Design Implications. In Eye Tracking Research & Applications (ETRA) Symposium. – New Orleans, LA, 2002.
3. Малин И. Отслеживание направления взгляда в реальном времени без использования специальной видеоаппаратуры // Труды «23-й международной конференции по компьютерной графике и зрению». Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Дальневосточный федеральный университет, 2013. Ч. 294–297.
4. Речинский А.В. Разработка пользовательских интерфейсов. Юзабилити-тестирование интерфейсов информационных систем: учеб. Пособие/ А.В. Речинский, С.Ф. Сергеев. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. 145 с.
5. Огнев, А.С., Венерина, О.Г., Виноградова И.А. Новые психодиагностические возможности трекинга глаз // Вестник московского государственного гуманитарного университета им. М.А.Шолохова. Педагогика и психология. – 2012. – №3 – С. 107-112.
6. Коровин Я.С., Хисамутдинов М.В., Фисунов А.В., Иванов Д.Я. МЕТОД ОЦЕНКИ ОБЛАСТЕЙ ИНТЕРЕСА ПРИ АЙТРЕКИНГЕ // Вестник науки и образования. 2020. №17-1 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-otsenki-oblastey-interesa-pri-aytrekinge> (дата обращения: 03.08.2022).
7. Семак, А. Н. Изучение потенциала применения технологий мобильного айтрекинга в графическом дизайне / А. Н. Семак // Инноватика в современном мире : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Уфа, 11 октября 2019 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2019. – С. 186-190.
8. Леонтьев, И. А. Технология айтрекинг и ее использование в UX-исследованиях / И. А. Леонтьев, А. А. Арбузова // Молодые ученые - развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). – 2020. – № 1. – С. 373-375.

References:

1. Froimson M.I. et al. The system for determining the direction of the user's gaze in real time // Special equipment and communications. Limited Liability Company "Special Equipment and Communications", 2013. No. 3. pp.32-34.
2. Goldberg, J., Stimson, M., Lewnstein, M., Scott, N., and Wichansky. Eye Tracking in Web Search Tasks: Design Implications. In Eye Tracking Research & Applications (ETRA) Symposium. – New Orleans, LA, 2002.
3. Malin I. Tracking the direction of gaze in real time without using special video equipment // Proceedings of the "23rd International Conference on Computer Graphics and Vision". Institute of Automation and Control Processes FEB RAS, Far Eastern Federal University, 2013. Ch. 294-297.

4. Rechinsky A.V. Development of user interfaces. Usability testing of information systems interfaces: studies. Manual/ A.V. Rechinsky, S.F. Sergeev. SPb.: Publishing House of the Polytechnic University. un-ta, 2012. 145 p.
5. Ognev, A.S., Venerina, O.G., Vinogradova I.A. New psychodiagnostic possibilities of eye tracking// Bulletin of the M.A.Sholokhov Moscow State University for the Humanities. Pedagogy and psychology .- 2012. – No.3 – pp. 107-112.
6. Korovin Ya.S., Hisamutdinov M.V., Fisunov A.V., Ivanov D.Ya. METHOD OF ASSESSING AREAS OF INTEREST IN EYTRACKING // Bulletin of Science and Education. 2020. No.17-1 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-otsenki-oblastey-interesapri-aytrekinge> (accessed: 08/03/2022).
7. Semak, A. N. Studying the potential of the use of mobile eytracking technologies in graphic design / A. N. Semak // Innovatika in the modern world : A collection of articles based on the materials of the international scientific and practical conference, Ufa, October 11, 2019. - Ufa: Limited Liability Company "Scientific Publishing Center "Bulletin of Science", 2019. – pp. 186-190.
8. Leontiev, I. A. Eytracking technology and its use in UX research / I. A. Leontiev, A. A. Arbuzova // Young Scientists - development of the National Technological Initiative (SEARCH). – 2020. – No. 1. – pp. 373-375.