

АЙТРЕКИНГ (ОКУЛОГРАФИЯ) – ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ И МЕДИЦИНСКОМ СИМУЛЯЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ

Горшков М.Д.

Центр непрерывного профессионального образования Первого МГМУ им. И.М. Сеченова
(Сеченовский университет) Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

Электронная почта: gorshkov@rosomed.ru

Айтрекинг (окулография) – методика регистрации движений глаз и фиксаций взгляда помогает изучать поведенческие реакции, эргономичность и юзабилити программ, изделий, рабочей среды, контролировать активность оператора, управлять аппаратурой, направлять процесс обучения и оценивать знания, навыки и умения. В статье обсуждаются перспективы применения айтрекинга в симуляционном медицинском обучении.

Ключевые слова: айтрекинг, окулография, движение глаз, симуляционное медицинское обучение, тренинг.

*EYE TRACKING (OCULOGRAPHY) - INNOVATIVE TECHNOLOGY
IN CLINICAL PRACTICE AND MEDICAL SIMULATION TRAINING
Maxim Gorshkov*

*Center for continuing professional education of the First
MSMU. I. M. Sechenov (Sechenov University), Moscow
Eye tracking (oculography) is a technique of eye movements
recording that helps to research behavioral responses,
ergonomics and usability of the products, software and working
environment, control the activity of the operator, guide the
learning process and to assess skills and competencies. The
article discusses application perspectives of eye tracking in
medical simulation training.*

*Keywords: eye tracking, oculography, eye movement, medical
simulation training, training.*

АКТУАЛЬНОСТЬ

Айтрекинг (окулография) – методика регистрации движений глазных яблок для анализа и оценки мыслительных процессов – применяется в нейропсихологии уже с начала XX века, но до недавнего времени была недостаточно распространена. Это во многом объяснялось отсутствием удобных и доступных технологий, однако в последние годы появился целый ряд недорогих, а главное – компактных, удобных, коммерчески доступных устройств, позволяющих выполнять окулографию и интерпретировать ее результаты. Совершенство аппаратуры привело к росту числа исследований, связанных с анализом движения глаз, в различных отраслях, в том числе и в клинической практике и медицинском обучении.

МЕТОДИКА И ОБОРУДОВАНИЕ

Прибор айтрекер (eye-tracker) или окулограф состоит из собственно устройства трекера, которое отслеживает движения глаз и распознает направление взгляда и программного приложения, обрабатывающего поступающие с трекера данные. Последний оборудован системой камер и ЛЭД-излучателей, определяющих координаты положения зрачка и точку, на которую в данный момент времени нацелен взгляд. Современный айтрекер может быть внешним, установленным, например, на экран компьютерного монитора (илл.1), или интегрированным в оправу, напоминающую обычные очки (илл.2), либо в виртуальный шлем.

Движение глазных яблок подразделяют на две фазы – быстрое перемещение взгляда (саккады - saccade) и его фиксация на одной точке, объекте. При записи и

анализе движений и фиксаций взгляда айтрекеры несколько десятков раз в секунду измеряют координаты направления взгляда и затем выстраивают таблицы и графики этих перемещений. Если взгляд более 100 миллисекунд удерживается в одной точке, то это оценивается как фиксация взгляда.

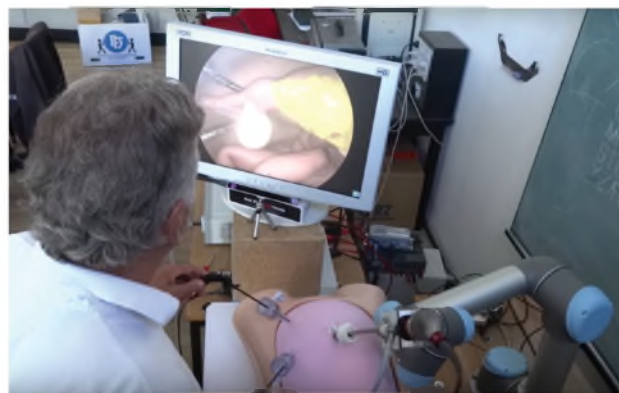
Установив момент (когда), длительность (как долго) и направление фиксации взгляда (куда), необходимо определить объект на мониторе или в окружающем пространстве, на котором зафиксирован взгляд – часть текста, товар, прибор, лицо субъекта и т.п. Задача усложняется при проведении исследования нескольких испытуемых или когда в качестве объекта рассматривается обстановка в постоянно изменяющейся окружающей среде, а не неподвижное фото.



Илл.1. Трекер, установленный на компьютерный монитор



Илл.2. Трекер, сконструированный в форме очков



Илл.6. Взглядом управляется роботическая рука с видеокамерой

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ТРЕКИНГА

Очевидно, что данные, выведенные в табличной форме (илл. 3), крайне сложно поддаются интерпретации. Первым вариантом решения этой проблемы является построение карты взглядов – gaze plot (илл. 4). На продемонстрированное изображение наносятся круги, отмечающие фиксации взгляда. Диаметр кружка зависит от продолжительности осмотра, а порядковый номер указывает на последовательность фиксации, либо они соединены линиями в последовательности, соответствующей перемещениям взгляда. Такая карта перемещений взора (Scan Path) позволяет судить как о порядке, так и длительности просмотра элементов. Схема перемещений позволяет распознать, какие области привлекли внимание испытуемого в первые секунды, а какие были рассмотрены в дальнейшем, насколько быстро добирается индивидум до ключевой информации. С помощью этого можно косвенно оценивать такие параметры, как эргономичность рабочей среды, уровень визуальной коммуникации, степень усвоения материала и пр. Хотя и весьма информативный, данный метод имеет недостаток – возможность применения только для коротких интервалов времени – ведь при нескольких фиксациях в секунду (что является нормой) их обозначения уже через несколько секунд сделают карту взглядов нечитаемой.

От этих недостатков избавлен другой вариант вывода данных – так называемая «тепловая карта» (илл. 5). С помощью программной обработки данных одним кликом мышки рассчитывается «плотность» обзора, и поверх изображения накладывается нечто подобное термограмме, что придает объектам дополнительную окраску – от холодного голубого через зеленый, желтый и оранжевый до интенсивного красного. Традиционные «горячие» цвета используются для обозначения длительно просматриваемых областей, а «холодными» окрашиваются те зоны, на которых взгляд не фиксировался.

Другим вариантом является «туманная карта» (fog map), где вместо цвета выступает прозрачность заливки, проявляя лишь те области, на которые испытуемый смотрел и оставляя невидимыми части изображения, которые им не рассматривались. К сожалению, в обоих случаях теряется информация о последовательности просмотра объекта.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1. Изучение поведенческих реакций – широко применяется в маркетинговых исследованиях, определяя,

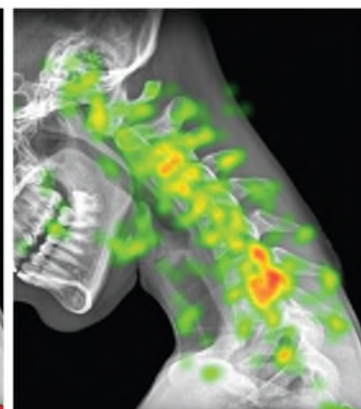


Time To First Fixation	Participant	Head	Lower Neck	Throat	Upper Neck	Average
Recording021	Participant001	0.14	4.06	3.80	0.52	1.88
Recording022	Participant002	0.22	5.20	1.38	1.52	2.11
Recording033	Participant003	15.30	23.32	0.14	0.14	12.89
Recording034	Participant004	0.22	3.22	7.68	0.94	3.02
Recording035	Participant005	0.18	10.54	20.02	0.00	7.71
Recording036	Participant006	34.59	5.56	36.65	0.16	20.74
Average		7.07	7.98	15.54	0.56	8.06
Count		5	6	6	6	
Variance		236.61	21.50	207.82	0.38	56.65
Standard Deviation (N-1)		15.38	4.64	14.42	0.62	7.53

Илл. 3. Табличная запись окулограммы



Илл. 4. Карта взглядов (gaze plot)



Илл. 5. Тепловая карта



Илл.7. Взглядом управляется ангиографическая система

например, удачность расстановки товара на полках в магазине, реакция потребителей на рекламу. В медицине данная методика используется для диагностики и лечения аутизма, синдрома дефицита внимания и гиперактивности, болезни Паркинсона, патологий органа зрения и ряда других заболеваний.

2. *Определение эргономики и юзабилити* в проектировании изделий, программ, рабочей среды: удобство блок-схемы, видимость разделов интернет-сайта, размещение элементов приборной панели медаппаратуры, показатели на экране следящего монитора, эффективность размещения оборудования в операционной. По фиксации их взглядов на основных, ключевых элементах обучения (или управления) определяется, не отвлекают ли внимание обучаемого (пользователя) вспомогательные элементы интерфейса, нет ли лишних полей, данных, объектов.

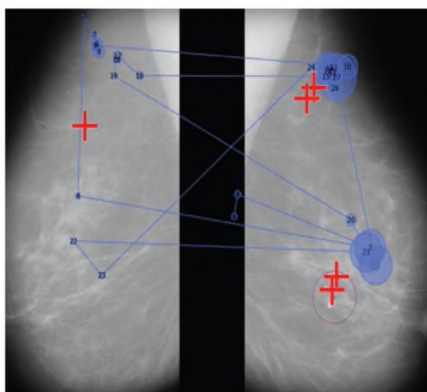
3. *Контроль за состоянием индивидуума.* Активность и паттерн движений глазных яблок является одним из наиболее достоверных критериев оценки психологического статуса оператора при выполнении ответственной, но монотонной работы, степени концентрации его внимания, наступления утомления. Это может быть важно для определения состояния диспетчеров, операторов сложных механизмов, сотрудников службы безопасности, машинистов, водителей и т.п.

4. *Управление аппаратуры взглядом* – в тех случаях, когда руки заняты другими действиями, с помощью окулографии можно отдавать элементарные команды компьютеру, используя взгляд в качестве курсора мышки. Так, известны исследования управления эндоскопической видеокамерой, которая перемещается роботической рукой вслед за взглядом хирурга (илл. 6). Сходный интерфейс ввода команд с помощью взгляда актуален и для других медицинских манипуляций, сочетающих сложные действия рук и визуализацию, например, ангиохирургия, эндоскопия, ультрасонография (илл. 7).

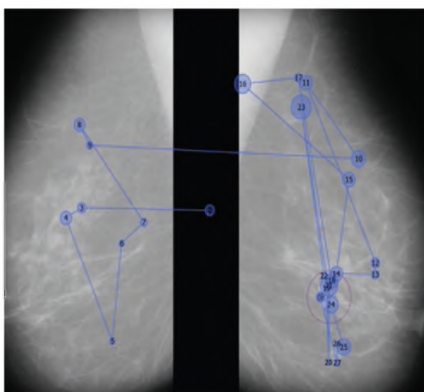
5. *Обучение.* В последние годы все более актуальными становятся системы, работающие по принципу самообучения – self-guided learning. Большинство подобных систем основаны на принципе мгновенной обратной связи. Окулография помогает точно оценить, увидел ли курсант целевой объект. Определив правильную фиксацию взгляда система выдает следующую команду и вновь следит за перемещением глаз – так отрабатывается правильная последовательность осмотра рентгенограммы (на илл. 8 красные перекрестия появляются только после распознавания предыдущей маркированной области).

6. *Оценивание* – при большой выборке испытуемых становится статистически значимым заметное отличие между движениями глаз обучаемых экспертов (илл. 9 и 10). Эксперты дольше оценивают подозрительные участки, но реже к ним возвращаются. Новички же хаотично осматривают весь снимок, повторно возвращаясь к одним и тем же участкам.

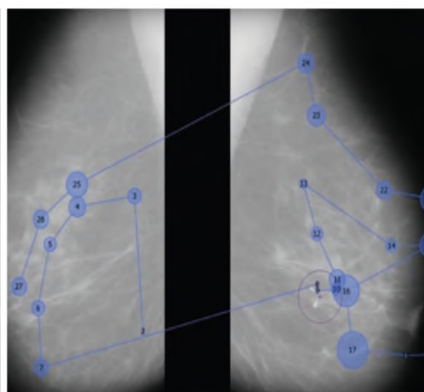
Сходные данные можно наблюдать и в оценке действий в неотложной клинической ситуации. Так, при лечении сердечного приступа выявлено значительное различие по обработке информации между новичками и опытным персоналом. В то время как первые потратили значительное время на изучение данных, не имеющих отношения к непосредственной проблеме пациента, эксперты немедленно обращались к наиболее ценным показателям и получали соответствующую информацию гораздо быстрее (илл.11).



Илл.8. Перемещение взгляда вслед за появляющимися визуальными подсказками



Илл.9. Карта взглядов эксперта, фокусировка на патологии



Илл.10. Хаотичное перемещение, возвраты и повторные фиксации взглядов новичка

Кроме того, в результате вышеупомянутого исследования (7) был получен еще один неожиданный вывод – ценность видео «от первого лица», снятого с очков айтрекера участника, значительно выше, чем видеозаписи со стандартной точки крепления видеокамеры. Именно пользовательское видео демонстрирует непосредственное выполнение манипуляций и обзор никогда не блокируется другими участниками. С помощью айтрекера предоставляется наиболее полное представление о действиях, и манипуляций испытуемого, что делает окулографию идеальным инструментом для оценки компетентности.

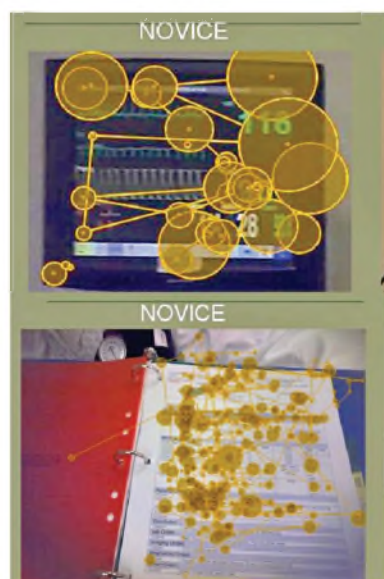
Подобный анализ может быть применим не только для итоговой оценки, но и для промежуточной, формативной и использован в ходе обсуждения, дебрифинга. Это обеспечивает рефлексию обучаемых, позволяет осознать им свой текущий статус усвоения материала, выстроить и скорректировать индивидуальную учебную траекторию. Кроме того, при получении невысокого результата, указывающего на неудовлетворительный уровень усвоения материала, методика поможет найти причину проблемы - почему даже имея должное представление о нормальной и патологической анатомии, симптоматике и клинической картине, обучаемый не распознает патологию на снимке или в клинической ситуации - и найти пути ее решения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инновационная методика айтрекинга используется для контроля, управления, обучения и оценки. Ее изучение и применение в клинической практике и медицинском симуляционном обучении пока еще находится на начальной стадии, но уже сейчас открывает широкие возможности в практическом и научном плане.

ЛИТЕРАТУРА

1. Atkins Stella; Geoffrey Tien, Rana S. A. Khan, Adam Meneghetti, Bin Zheng. What Do Surgeons See: Capturing and Synchronizing Eye Gaze for Surgery Applications. Surgical Innovation. Volume: 20 issue: 3, page(s): 241-248.
2. Doležala J, Fabianb V. Application of eye tracking in neuroscience. Clinical Neurophysiology. Volume 126, Issue 3, March 2015, Page e44
3. Hajra Ashraf, Mikael H. Sodergren, Nabeel Merali, George Mylonas, Harsimrat Singh & Ara Darzi. Eye-tracking technology in medical education: A systematic review. Pages 62-69 | Published online: 26 Nov 2017 Medical Teacher. Volume 40, 2018 - Issue 1
4. Henneman, Elizabeth A. PhD, RN; Cunningham, Helene MS, RN; Fisher, Donald L. PhD; Plotkin, Karen PhD, RN; Nathanson, Brian H. PhD; Roche, Joan P. PhD, RN, GCNS-BC; Marquard, Jenna L. PhD; Reilly, Cheryl A. PhD, RN; Henneman, Philip L. MD. Eye Tracking as a Debriefing Mechanism in the Simulated Setting Improves Patient Safety Practices Dimensions of Critical Care Nursing: May/June 2014 - Volume 33 - Issue 3 - p 129–135
5. Harezlak, Kasprowski, Application of eye tracking in medicine: A survey, research issues and challenges. Comput Med Imaging Graph. 2017 May 30. pii: S0895-6111(17)30043-5. doi: 10.1016/j.compmedimag.2017.04.006.
6. Nabeel Merali, Darmarajah Veeramootoo & Sukhpal Singh. Eye-Tracking Technology in Surgical Training. Journal of Investigative Surgery. 2017
7. Shinnick Mary Ann, PhD, RN, ACNP. Validating Eye Tracking as an Objective Assessment Tool in Simulation. pp 438-446 Clinical Simulation in Nursing, 2016. Volume 12, Issue 10



Илл.11. Сравнение окулограмм студентов (слева) и опытных медиков (справа) при первичной оценке неотложного состояния пациента по монитору параметров и истории болезни.

