
Obszary zainteresowań (ang. area of interest - AOI) jako metoda analizy wyników badania eye tracking

Piotr Jardanowski,

Agencja e-biznes Symetria
Ul. Wyspiańskiego 10/4
60-749 Poznań
piotr.jardanowski@symetria.pl

Wojciech Chojnacki

Agencja e-biznes Symetria
Ul. Wyspiańskiego 10/4
60-749 Poznań
wojciech.chojnacki@symetria.pl

Streszczenie

Celem artykułu jest pokazanie korzyści i ograniczeń wynikających z zastosowania obszarów zainteresowań w analizie danych z badań eye tracking²⁰. Obszary zainteresowań umożliwiają wydzielenie z masy spojrzeń tych, które dotyczą wyodrębnionego miejsca na stronie internetowej np. logo, menu głównego czy zdjęć. Uzyskane w ten sposób wyniki pozwalają na dokładną analizę ilościową spojrzeń i stosowanie miar statystycznych, a tym samym stanowią przewagę w stosunku do map termicznych. Analiza z wykorzystaniem AOI staje się problematyczna przy stronach o zmiennej konstrukcji (np. długości) oraz w mechanizmach typu AJAX lub RIA.

Słowa kluczowe

Eye tracking, śledzenie wzroku, badania użyteczności

²⁰ Dalej: eye tracking, ET, po polsku: okulografia

Technika eye tracking - wprowadzenie

Eye tracking to technika polegająca na analizowaniu ruchu gałek ocznych badanego.

W celu jej zastosowania potrzebne jest urządzenie zwane eye trackerem (okulografem), które za pomocą specjalnego mechanizmu odbija wiązkę promieni podczerwonych od dna oka, a następnie z wykorzystaniem algorytmów przeliczają ją na położenie gałki ocznej i miejsce badania wzroku.



rysunek 1. Schemat odbijania promieni podczerwonych w przypadku stacjonarnego eye trackera

Idea badania eye tracking ma ponad sto lat. Już pod koniec XIX wieku pojawiły się pierwsze pomysły na analizowanie ruchów gałek ocznych. W pierwszej fazie były one bardzo prymitywne i polegały m. in. na obserwowaniu ruchu oczu za pomocą lusterka. Zdecydowane przyspieszenie prac nad technicznym usprawnieniem tej metody nastąpiło w połowie XX wieku, gdy eye tracking znalazł zastosowanie przy projektach rządowych oraz militarnych (np. w

lotnictwie). Z kolei rozkwit metodologicznego wykorzystania eye trackingu nastąpił w drugiej połowie XX wieku wraz z rozwojem obszarów naukowych takich jak psychologia, kognitywistyka, czy interakcje człowiek-komputer. Pod koniec XX wieku powstał kolejny technologiczny rozkwit narzędzi, który doprowadził do stworzenia urządzeń stosunkowo małych, przenośnych, nadających się do zastosowanego komercyjnego. Dodatkowo powstały aplikacje umożliwiające proste przeliczanie danych, uzyskiwanie konkretnych wyników oraz ich interpretację.

Obecnie w badaniach stosuje 2 rodzaje eye trackerów:

- przenośne – przypominające okulary, są zakładane na głowę i umożliwiają przemieszczanie się. Wykorzystuje się je głównie do analizy różnego rodzaju bodźców w naturalnym środowisku np. w trakcie jazdy samochodem,
- stacjonarne:
 - wbudowane w monitory lub telewizory - są głównie dedykowane do analizowania stron internetowych oraz materiałów wyświetlanych na ekranie np. ulotki reklamowe,
 - wolnostojące – stawiane pomiędzy badanym, a innym obiektem podlegającym badaniu np. plakatem wiszącym na ścianie, półką sklepową.



rysunek 1. Przykłady ustawienia wolnostojącego eye trackera Tobii.com

Rezultatem badania z wykorzystaniem techniki eye tracking jest strumień danych zawierający następujące informacje dotyczące spojrzenia:

- czas – w którym nastąpiło zatrzymanie wzroku (tzw. fiksacja),
- koordynaty – współrzędne x i y położenia oka,
- adres url lub nazwę pliku - analizowanego w danym momencie czasowym.

Odpowiednie oprogramowanie pozwala na prezentację opisanych wyżej informacji w łatwy do interpretacji sposób. Podstawowe formy prezentacji wyników to:

- mapa termiczna (Rysunek 3) – przedstawia zsumowane informacje dotyczące spojrzeń dla wszystkich uczestników badania. Im cieplejszy kolor na mapie tym większa wartość pokazywanej miary,



rysunek 2. Przykładowa mapa termiczna

- ścieżka skanowania (Rysunek 4) - prezentuje kolejne fiksacje pojedynczego użytkownika. Umożliwiają zapoznanie się procesem jaki towarzyszył zapoznawaniu się z daną stroną WWW,



rysunek 3 - Przykładowa ścieżka skanowania (ang. gazeplot)

- filmy z nałożoną graficzną prezentacją ruchu gałki ocznej.

Obszar zainteresowania

Obszar zainteresowania (ang. Area of interest) to obszar wizualny, który jest obiektem zainteresowania badaczy lub zespołu projektowego i dlatego przez nich zdefiniowany (a nie przez użytkownika) [1].

Powyższa definicja wskazuje na najważniejsze elementy określające AOI:

- obiekt zainteresowania badaczy – zainteresowanie tym obszarem wynika najczęściej z założeń projektowych lub celów stawianych przez badany materiał,
- zdefiniowany przez badaczy lub zespół projektowy – jest to główna różnica pomiędzy

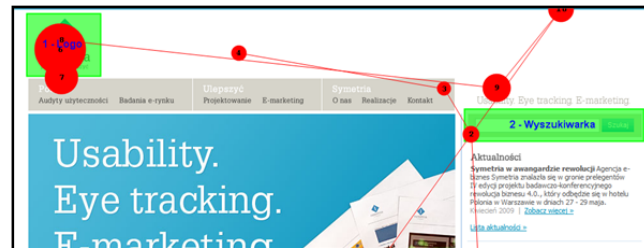
obszarem zainteresowań, a mapami termicznymi, gdzie kolory powstają po zsumowaniu zainteresowania użytkowników i wskazują na ich koncentrację wzroku w różnych miejscach,

- obszar wizualny – jest to jakiś fragment graficzny większej całości np. logo na stronie WWW lub hasło reklamowe na plakacie.

Obszary zainteresowań wskazuje się najczęściej poprzez podanie współrzędnych ich narożników. Wskazanie tych punktów może nastąpić poprzez:

- zaznaczenie obszaru w programie do analizy za pomocą odpowiedniego narzędzia,
- zaimportowanie pliku z odpowiednimi nazwami i współrzędnymi narożników. Metoda może być szczególnie przydatna, jeżeli takie same obszary zainteresowań występują w różnych miejscach np. na różnych plakatach lub stronach WWW.

Po oznaczeniu odpowiednich obszarów z całej masy spojrzeń zostają wyselekcjonowane te, które odpowiadają wskazanym AOI.



rysunek 4. Logo i wyszukiwarka oznaczone jako obszary zainteresowań

Dane eye tracking a obszary zainteresowań

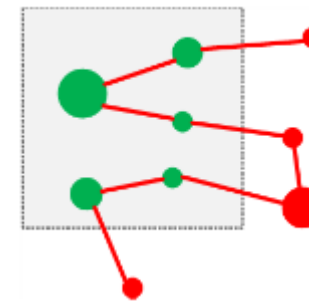
Najważniejszym celem analizy danych eye tracking z wykorzystaniem oznaczenia obszarów zainteresowań jest wyodrębnienie z całej masy spojrzeń tych, dotyczących wskazanych obszarów. Jest to niezwykle cenna możliwość, ponieważ nawet w bardzo krótkich czasowo badaniach jest rejestrowanych od kilkuset do kilku tysięcy fiksacji. Ich interpretacja w tak dużej liczbie jest praktycznie nie możliwa. Dzięki AOI badacz może wyselekcjonować interesujące go miejsca, a następnie policzyć odpowiednie wielkości statystyczne i je zinterpretować.

Stosowane wielkości statystyczne są zróżnicowane ze względu na medium, które podlega badaniu oraz stawiane pytania badawcze. Do najczęściej stosowanych można zaliczyć:

- a. łączny czas trwania fiksacji dla danej osoby (wszystkich osób) w AOI – interpretacja tej miary może być pozytywna („wpatruję się, ponieważ mi się podoba”) lub negatywna („wpatruję się, ponieważ nie

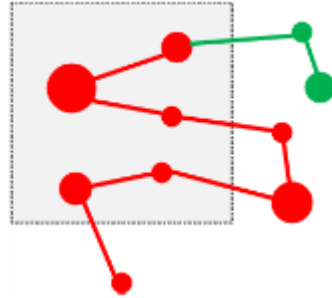
rozumiem). Należy zastosować dodatkowe miary, aby pogłębić analizę,

- b. liczba fiksacji jednej osoby (wszystkich osób) w danym AOI – zsumowana liczba fiksacji, które zostały wykonane przez jedną osobę (wszystkie osoby) w interesującym obszarze. Ogólnie przyjmuje się, że im więcej fiksacji tym większe zainteresowanie danym obszarem,



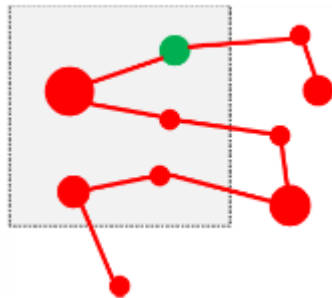
rysunek 5. Liczba lub łączny czas fiksacji w AOI [4]

- c. czas do pierwszej fiksacji w dany AOI dla poszczególnych osób – pozwala zweryfikować, ile czasu potrzeba do odnalezienia interesującego obszaru, który jest istotny z punktu widzenia realizacji danego celu,



rysunek 6. Czas do pierwszej fiksacji w AOI [4]

- d. liczba osób, które dany obszar AOI zauważyły – świadczy o atrakcyjności obszaru względem badanej grupy docelowej,

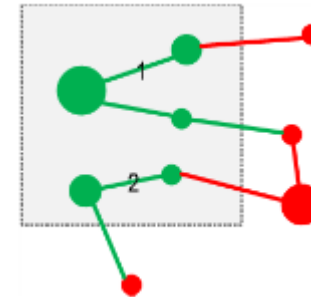


rysunek 7. Procent badanych, którzy zauważyli dane AOI [4]

- e. liczba osób, które dany obszar eksplorowały – jest to rozszerzenie poprzedniej miary. Przyjmuje się, że eksploracja dotyczy osób, które wykonały więcej niż jedną fiksację w

danym obszarze (lub inną zadaną liczbę fiksacji),

- f. liczba wizyt i rewizyt w danym AOI – przyjmuje się, że im więcej wizyt w danym obszarze tym bardziej interesujący jest on z punktu widzenia oglądającego.



rysunek 8. Liczba wizyt w AOI [4]

Niewątpliwą przewagą obszarów zainteresowań w stosunku do np. map ciepłych jest możliwość uzyskania dokładnych wartości liczbowych. Przykładowo ocena koloru pomarańczowego może być trudna do jednoznacznej interpretacji, natomiast wskazanie, że „80% badanych zauważyło dany obszar” jest jednoznaczne i nie pozostawia wątpliwości. Podobnie wygląda analiza danych czasowych, które są wyrażone w jednostkach czasu (najczęściej milisekundach). Dzięki temu można je analizować statystycznie, porównywać między grupami na większym poziomie szczegółowości, szacować np. przedziały ufności lub wykorzystać do wyłonienia osób poniżej przeciętnej i poddania ich zachowania szczegółowej analizie.

W przypadku objęcia całej strony elementami AOI możliwa jest również analiza przejścia pomiędzy różnymi obszarami zainteresowań przy wykorzystaniu powyższych miar. Polega ona na utworzeniu macierzy przejścia postaci [5]:

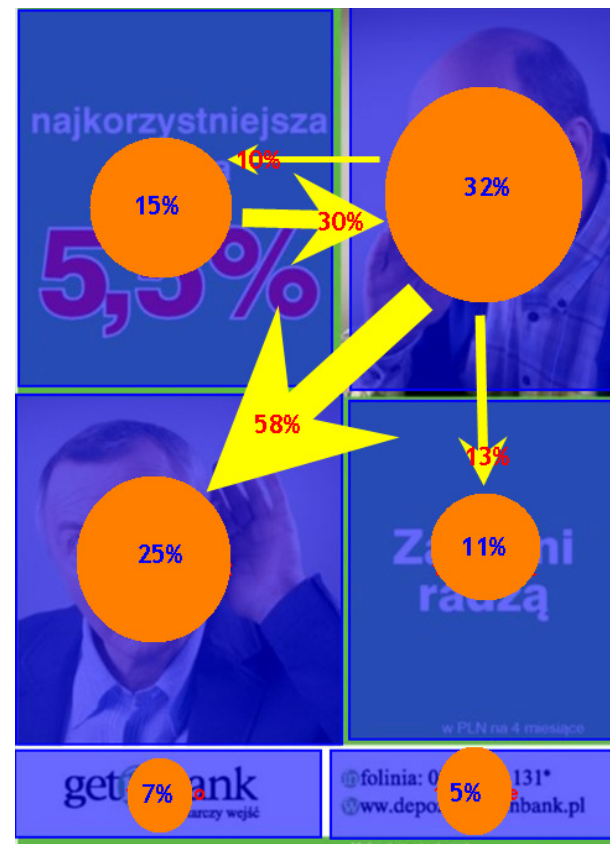
$$T = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{m1} & t_{m2} & \dots & t_{mn} \end{bmatrix}$$

gdzie:

t_{mn} – oznacza liczbę przeniesień wzroku z m-tego obszaru AOI do n-tego,

$$t_{mn} = 0 \quad \forall m, n \mid m = n .$$

Wykorzystując liczbę ogólną liczbę fiksacji oraz liczbę fiksacji w każdym AOI, wspólnie z macierzą przejścia można stworzyć wizualizację sieci migracji (Rysunek 10). Pozwala ona na analizę zmiany uwagi pomiędzy poszczególnymi obszarami zainteresowania.



rysunek 9. Wizualizacja sieci migracji. AOI zostały zaznaczone na niebiesko. Niebieskie liczby w pomarańczowych kółkach wskazują na udział liczby fiksacji w dane AOI w stosunku do łącznej liczby fiksacji. Strzałki pokazują kierunek migracji uwagi, a ich wielkość wraz z liczbą frakcję transferu z jednego AOI do drugiego [5].

Metody prezentacji wyników

Ze względu na statystyczny charakter wyników dotyczących obszarów zainteresowań stosuje się zazwyczaj trzy sposoby prezentacji wyników:

- a. wykresy
- b. tabela
- c. grafiki prezentujące rozkład AOI wraz z naniesioną wartością liczbową.

Zdecydowanie najczęściej prezentowane są dwie pierwsze metody. Wynika to z faktu, że miary statystyczne dotyczące AOI porównuje się np. w kolejnych jednostkach czasu (Rysunek 11) albo dla tych samych jednostek czasu porównuje się podobne AOI na różnych materiałach (Tabela 1). Wykres i tabela ułatwiają zdecydowanie porównanie wielkości na stosunkowo małym obszarze, a tym samym sprzyjają konstruktywnemu wyciągnięciu wniosków.

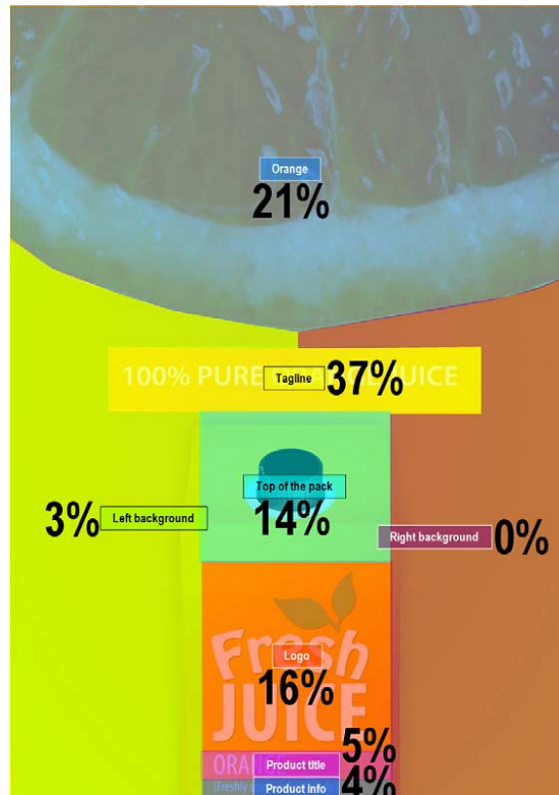


rysunek 10. Porównanie procentowej zauważalności różnych AOI w kolejnych sekundach oglądania materiałów reklamowych.

Czas w sekundach	1		2		3		4	
	Z	B	Z	B	Z	B	Z	B
Plakat 1	41%	42%	61%	60%	47%	56%	42%	47%
Plakat 2	64%	55%	59%	56%	65%	50%	69%	54%
Plakat 3	44%	49%	37%	49%	37%	45%	38%	41%
Razem	50%	48%	52%	55%	50%	50%	50%	47%

tabela 3. Porównanie zauważalności wybranego AOI na trzech różnych materiałach reklamowych w pierwszych 4 sekundach oglądania

W szczególnych przypadkach wyniki zamieszcza się na grafikach, które reprezentują testowany materiał (Rysunek 10 oraz Rysunek 12). Jest to efektywny sposób komunikowania wyniku poprzez naniesienie na zbadany obiekt informacji o rozkładzie uwagi badanych pomiędzy poszczególnymi obszarami zainteresowania. Rozkład ten, rozumiany najczęściej jako procentowy udział czasu spojrzeń w każdym obszarze zainteresowania, umożliwia szybkie zapoznanie się z charakterystyką obiektu wynikającą z badania.



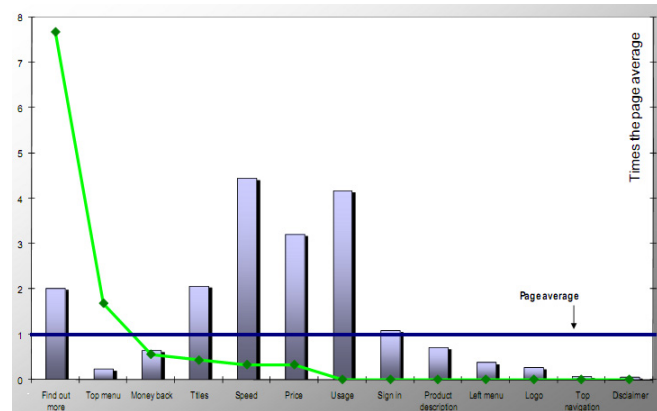
rysunek 11. Diagram rozkładu uwagi pomiędzy obszarami zainteresowania [6]

Zalety stosowania analizy opartej na obszarach zainteresowań

Analiza z wykorzystaniem obszarów zainteresowań jest coraz powszechniejsza i częściej stosowana. Wynika to przede wszystkim z dokładności, jaką uzyskuje się dzięki AOI. Wśród

najważniejszych zalet, które należy wskazać znajdują się:

- a. selekcja spojrzeń – z całej masy często kilku tysięcy fiksacji udaje się wyselekcjonować konkretną grupę, która jest interesująca z punktu widzenia badacza lub zespołu projektowego. Dzięki wprowadzeniu tego ograniczenia możliwa jest zdecydowanie dokładniejsza analiza, prowadząca do precyzyjniejszych wniosków,
- b. analiza statystyczna – ta zaleta jest konsekwencją pierwszej. W masie fiksacji trudno jest znaleźć punkt odniesienia do obliczania pewnych wielkości. W przypadku konkretnie zdefiniowanego obszaru można szacować konkretne wielkości, porównywać je, odnosić do średnich. Dzięki takiemu podejściu kolory na mapach termicznych zostają zastąpione przez twarde dane wyrażone w sekundach lub punktach procentowych, co znacznie ułatwia ich interpretację i porównywanie,
- c. łączenie danych eye tracking z innymi danymi – dzięki wspólnemu odniesieniu czasowemu można powiązać dane dotyczące spojrzeń z innymi danymi rejestrowanymi w trakcie badań. Przykładowo można połączyć zauważalność danych AOI ze skłonnością do klikania w dany obszar (Rysunek 13),



rysunek 12. Na powyższym wykresie pokazano liczbę kliknięć w dany element (zielona linia) w powiązaniu z zauważalnością poszczególnych AOI (słupki) [6]

- d. analiza migracji uwagi pomiędzy różnymi obszarami – dzięki zastosowaniu macierzy przejścia można zbadać, jak ogólnie zmieniała się koncentracja uwagi w ramach badanego materiału. Bez wyszczególnienia obszarów zainteresowań, takie podejście jest praktycznie niemożliwe. W masie spojrzeń, ciężko jest wychwycić jakiegokolwiek prawidłowości, a ich kwantyfikacja jest praktycznie niemożliwa.

Ograniczenia w stosowaniu analizy obszarów zainteresowania

Mimo niewątpliwych zalet, opisywane narzędzie posiada również istotne ograniczenia, które utrudniają analizę i w określonych przypadkach znacznie zwiększają jej pracochłonność lub wręcz uniemożliwiają. W szczególności dotyczy to obiektów badań o

dynamicznym charakterze. Należy tutaj podkreślić 5 głównych przypadków:

- filmy wideo i animacje flash – analiza obszarów zainteresowań w tym przypadku może wykazać jedynie, że ktoś na dany obiekt się patrzy. Nie ma możliwości przemieszczania się w trakcie zmiany scen za poszczególnymi elementami animacji. W takich przypadkach jednokrotnie zdefiniowane obszary zainteresowań tracą swój sens i muszą być manualnie dostosowywane w krótkich odstępach czasowych (o ile w ogóle istnieje taka możliwość). Można jedynie poddawać analizie elementy stałe, nie zmieniające się w trakcie dynamicznej prezentacji (np. logo kanału telewizyjnego, umieszczony statycznie pasek z nowościami u dołu programu telewizyjnego),
- rozwiązania typu AJAX lub zakładki na stronach WWW – problem bardzo zbliżony do opisanego powyżej. Dynamiczna zmiana obszaru opisanego jako AOI nie jest zapisywana przez system co powoduje, że fiksacje są cały czas uznawane jako jeden i ten sam obszar zainteresowań. Jedną z metod radzenia sobie z tym problemem jest analiza kliknięć i momentów ich wystąpienia. Uzyskuje się w ten sposób informacje np. o zmianie zakładki i po danym momencie czasowym inaczej klasyfikuje się fiksacje,
- strony WWW o zmiennej długości (Rysunek 13) – problem jest bardzo zbliżony do powyższego. Jednokrotne zdefiniowanie obszaru może być niewystarczające, ponieważ po przeładowaniu

strony WWW pojawiają się reklamy, które przesuwają pierwotny obszar zainteresowań w inne miejsce. W tym przypadku można sobie łatwiej poradzić (ze względu na jednorazowy charakter zmiany) poprzez zmianę współrzędnych pierwotnego AOI,



rysunek 13. Zwiększenie powierzchni reklamowej na stronie głównej spowodowało przemieszczenie obszaru zainteresowania w dół

- przemieszczające się reklamy na stronach internetowych – jest to problem pośredni między pierwszym, a drugim wyżej opisanym. Przesuwanie się reklamy po stronie WWW powoduje, że nie można na stałe oznaczyć współrzędnych jej rozmieszczenia. Na szczęście użytkownicy tak bardzo nie lubią tej formy reklamowej, że często zamykają ją w pierwszej kolejności. Pozwala to na wychwycenie czasu zamknięcia i zmianę przypisania obszarów AOI przed i po zamknięciu reklamy,
- nakładanie się dynamicznych obiektów na siebie - powoduje problem interpretacyjny dotyczący faktycznego obiektu skupienia uwagi badanego. System jest w stanie jedynie zaliczyć spojrzenia w zakresie współrzędnych, nie analizując co było faktycznym obszarem

zainteresowania. Wymaga to dodatkowej interpretacji przez badacza polegającej na właściwym przyporządkowaniu fiksacji do odpowiednich obszarów,

Konto: @gazeta.pl [Spraw](#)

Hasło:

Powtórz hasło: litery (bez polskich znaków)

Pytanie pomocnicze: przyda się, gdy zapo

Odpowiedź: ten napis zabezpiecz. kont przez roboty, r

Obrazek:

Napis z obrazka:

płeć:

rok urodzenia:

kraj: Polska

rodzaj miejscowości: miasto wieś

Wybierz pytanie pomocnicze:

- wybierz --
- wybierz --
- Patron pierwszej szkoły?
- Nazwisko panieńskie matki?
- Twoje ulubione hobby?
- Imię babci?
- Ulubiony gatunek muzyki?
- Drugie imię żony/męża?
- Marka pierwszego samochodu?
- Miejsce pierwszej pracy?
- własne pytanie

rysunek 14. Po rozwinięciu lista zasłania obszar zainteresowań. Fiksacje skierowane w listę zostaną zaklasyfikowane jako wpadające w AOI

Istnieją już pierwsze próby opracowania oprogramowania, które jest w stanie w razie potrzeby przemieszczać zdefiniowane obszary, aby dostosować je do ruchomych elementów obiektu. Bardziej zaawansowane systemy pozwalają również nawet zmieniać proporcje zdefiniowanego obszaru aby dostosować go do ruchu kamery transmitującej obraz badanego obiektu.

Inne ograniczenie opisywanej metody wynika z konstrukcji ludzkiego systemu okulomotorycznego, a konkretnie widzenia peryferycznego. O ile w większości przypadków zaistnienie uwagi wizualnej w określonym punkcie powoduje w krótkim czasie fiksację na nim, o tyle zdarzają się przypadki nie spełniające tej reguły [7].

W przypadku śledzenia kilku obiektów naraz, np. zmagających się graczy na meczu futbolowym, wzrok obserwatora fiksuje się pomiędzy nimi, obejmując obydwu przy pomocy widzenia peryferycznego. Jeśli obszarami zainteresowania będą jednak piłkarze, system nie zaliczy tego jako spojrzenie na nich.

Podsumowanie

Analiza danych eye tracking z wykorzystaniem obszarów zainteresowań jest niezwykle przydatnym narzędziem. Pozwala ona skwantyfikować wyniki w postaci dokładnych wielkości liczbowych i miar statystycznych. Dzięki temu można wyciągać lepsze wnioski dotyczące interesujących obszarów i wzajemnie je porównywać. Opisana analiza ma obecnie również wady, z których największą jest brak możliwości jej stosowania w połączeniu z różnego rodzaju dynamicznymi elementami. Prowadzone obecnie badania pozwalają mieć nadzieję, że również ten problem w niedalekiej przyszłości zostanie rozwiązany, co spowoduje, że analiza obszarów zainteresowań będzie jeszcze bardziej użyteczna.

Bibliografia:

- [1] Jacob, R. J. K., Karn, K. S. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises (Section commentary). In J. Hyona, R. Radach, & H. Deubel (Red.), *The Mind's Eyes: Cognitive and Applied Aspects of Eye Movements*. Oxford: Elsevier Science
- [2] Duchowski, A. (2009). *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*, London: Springer
- [3] Tullis, T., Albert, W. (2008) *Measuring the User Experience: Collecting, Analyzing and Presenting Usability Metrics*, Oxford: Elsevier Science
- [4] "Eye Tracking Metrics in Tobii Studio" Tobii Technology <http://www.slideshare.net/Tobii/eye-tracking-metrics-in-tobii-studio-presentation>
- [5] Torstling, A., (2007) *The Mean Gaze Path: Information Reduction and Non-Intrusive Attention Detection for Eye Tracking*, Master's Degree Project, Stockholm, Sweden
- [6] <http://www.realeyes.it>
- [7] Wright, R.D., Ward, L.M., (2008) *Orienting of Attention*, Oxford University Press