

# Eyetracking: widzieć więcej

Metody śledzenia ruchu gałek ocznych znany od ponad 100 lat. Nowe technologie zrewolucjonizowały okulografię (tak początkowo nazywano tę technikę) i poszerzyły zakres jej zastosowań.



Beata Chodacka

nauczyciel informatyki w V LO i SP 33 w Krakowie, wiceprezes Oddziału Małopolskiego PTI, animator działań na rzecz edukacji informatycznej, współtwórca zbioru zadań z informatyki exeBOOK. Współtwórca i współorganizator projektu „Klasa z ECDL”. Koordynator merytoryczny w Centrum Mistrzostwa Informatycznego przy AGH, członek grupy SuperBelfrzy RP, inicjator i przewodnicząca Sekcji Informatyki Szkolnej PTI.



Danuta Smółucha

z wykształcenia matematyk i informatyk, doktor nauk humanistycznych w zakresie kulturoznawstwa, jej pasją są podróże do miejsc związanych z historią i kulturą krajów iberoamerykańskich. Współautor podręcznika do informatyki do liceum, autorka książek: „Humanistyka cyfrowa w badaniach kulturowych”; „Kultura religijna w cyberprzestrzeni”, a także współautorka i autorka przewodników.



Od zarania dziejów człowiek dążył do coraz głębszego poznawania świata. Chciał zdobywać nowe doświadczenia i wiedzieć coraz więcej o otaczającej go rzeczywistości. W naturalny sposób wykorzystywał w tym celu zmysły, wśród których wiodącą rolę odgrywa wzrok. Zmysły ludzkie nie są jednak doskonałe, podlegają wielu ograniczeniom, nawet w porównaniu z tymi samymi zmysłami w świecie zwierząt. Człowiek widzi rozpościerający się wokół niego świat, ale nie dostrzega wszystkich obiektów, bo oko, choć jest doskonałym organem, ma jednak ograniczone możliwości.

Stąd też wiele obiektów ma zbyt małe rozmiary, aby człowiek mógł je dostrzec bez wspomaganie się urządzeniami wykorzystującymi zdobycze technologii. Słyszy też dźwięki, ale tylko te, których źródło znajduje się odpowiednio blisko niego.

Wiele wynalazków powstało właśnie w tym celu, aby udoskonalić możliwości ludzkiego odbioru rzeczywistości i wzmocnić ludzkie zmysły. Wynalazek Grahama Bella umożliwił rozmowy na odległość w czasie rzeczywistym, fonograf pozwolił na rejestrację dźwięków, przez co możliwe stało się słuchanie głosu nawet tych, którzy już opuścili ziemski padół. Fotografia zatrzymała w czasie ulotne chwile, film dał szansę na wirtualne uczestnictwo w zdarzeniach, które miały miejsce w innej przestrzeni czasowej, aniżeli ta, w której znajduje się odbiorca przekazu. Z pomocą lunety ludzie mogli oglądać odległe od Ziemi gwiazdy, przez

oko mikroskopu analizowali strukturę niezmiernie małych obiektów, nawet takich, których istnienia wcześniej się nie domyślali. Ludzka wyobraźnia nie ma granic, a w ich przekraczaniu pomaga technologia.

## Obraz zyskuje na znaczeniu

Już w latach 50. XX w. Ernst Gombrich, austriacki historyk sztuki, wieścił nadejście czasów, gdy tekst przestanie mieć znaczenie, a wszechobecne obrazy przejmą jego rolę i to one głównie będą decydować o odbiorze rzeczywistości przez człowieka. Zaczęło się więc zastanawiać, na co rzeczywistość patrzymy i co faktycznie dostrzegamy, czyli – jakbyśmy to dzisiaj sformułowali – na znaczeniu zaczęła zyskiwać problematyka aktywnej percepcji obiektów w przestrzeni publicznej. Szczególną wagę do wyników badań przykładali reklamodawcy, dla których skuteczny odbiór ich przekazu stanowił być albo nie być na rynku i pozwalał osiągnąć komercyjny sukces.

Rozważanie takich kwestii wymagało jednak umiejętności śledzenia ścieżki wzroku patrzącego. Problem podejmowali już badacze na początku XX w. Opierali się jednak wyłącznie na szkicach czynionych ołówkiem na kartce, które tworzyli w czasie rzeczywistym podczas obserwacji ruchów źrenicy osoby obserwującej obiekt, będącej obiektem badań. Wyniki badań nie miały do końca charakteru obiektywnego, bo bazo-

wały na subiektywnych wrażeniach badaczy. Pomimo błędów wynikających z niedoskonałości metody badań, ich wyniki wniosły jednak wiele do nauki.



Kreślenie ścieżki wzroku bazujące na obserwacji źrenicy osoby patrzącej

Źródło: <http://widzenie.net/okulograf.htm>

Badania miały na celu wskazanie, na co ludzie zwracają uwagę, jeśli chcą uzyskać konkretną wiedzę o danej osobie. Okazało się, że ogromne znaczenie ma cel obserwacji. Inaczej oglądana jest osoba, jeśli celem jest ocena stanu jej zamożności, inaczej, gdy ocenie ma podlegać jej inteligencja czy środowisko, z jakiego się wywodzi. Te bardzo niedokładne wówczas jeszcze eksperymenty dały początek badaniom eyetrackingowym, bazującym na nowoczesnych technologiach.

W czasie jednej sekundy ludzkie oko wykonuje średnio trzy, cztery ruchy, gdy człowiek przemieszcza swoją uwagę wzrokiem pomiędzy elementami sfery widzialnej. Moment zatrzymania uwagi nazywany jest fiksacją, natomiast szybkie przemieszczenie pomiędzy dwoma fiksacjami zwane jest sakkadą.

Do badań śledzenia ścieżki wzroku wykorzystuje się tzw. eyetrackery – urządzenia monitorujące pracę gałek ocznych, wykorzystujące odbicie od oka światła w bliskiej podczerwieni (niewidoczne dla człowieka), które jest przechwytywane przez kamery. Dane są przetwarzane. Uzyskana i wizualizowana sekwencja fiksacji i sakkad osoby badanej umożliwia tłumaczenie wielu zjawisk związanych z przyswajaniem informacji wizualnej.

Metoda wizualizacji sposobu obserwacji otoczenia przez człowieka jest dobierana w zależności od informacji, jakie badacz chce uzyskać. Jedną z nich jest przedstawienie ścieżki wzroku za pomocą kół i łączących je odcinków. Koła oznaczają miejsca fiksacji, a ich wielkość jest wprost proporcjonalna do czasu ich trwania. Często poszczególne fiksacje są oznaczane numerami, wskazującymi kolejność patrzenia. Pozwala to także zwrócić uwagę na te miejsca, na które badany kieruje uwagę wielokrotnie. Przenoszenie wzroku pomiędzy fiksacjami oznaczane jest łączącymi je odcinkami. Ten spo-

sób wizualizacji pozwala na dokładną analizę ścieżki wzroku w sytuacjach, gdy ma znaczenie kolejność skupienia uwagi czy liczba powrotów do elementów już odwiedzonych.



Przykładowa sekwencja fiksacji i sakkad przedstawiająca ścieżkę wzroku osoby badanej techniką eyetrackingu

Źródło: opracowanie własne

Innym sposobem wizualizacji problemu „na co patrzą ludzie” jest przedstawienie oglądanych obszarów za pomocą mapy cieplnej (ang. *heat map*), gdzie nie tyle ważne są fiksacje i sakkady, co identyfikacja obszarów zainteresowań. W zależności od intensywności skupiania uwagi przez badaną osobę (grupę osób), obszary zainteresowań oznaczane są od koloru czerwonego (te najbardziej oglądane), poprzez żółty (na których osoba badana skupiła mniejszą uwagę) do zielonego, oznaczającego najmniejszą uwagę badanego. Brak zaznaczenia kolorem oznacza, że obszar został zignorowany przez badanego, pominięty w jego postrzeganiu otaczającej go przestrzeni. Ten typ wizualizacji jest przydatny szczególnie wówczas, gdy istotna jest nie tyle kolejność, w jakiej badany penetruje otaczającą go przestrzeń, co identyfikacja obszarów, które budzą jego największe zainteresowanie.



Przedstawienie obszarów uwagi osoby przeglądającej stronę internetową za pomocą mapy cieplnej

Źródło: <https://de.wikipedia.org/wiki/Eye-Tracking>

### Przydatność w wielu obszarach

Badania eyetrackingowe znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach. Jedne z pierwszych dotyczyły projektowania kokpitu pilota tak, aby ten mógł skupić uwagę na najistotniejszych parametrach lotu, bez rozpraszania uwagi na elementach

mniej istotnych, dzięki czemu lot stawał się bezpieczniejszy. Dzisiaj eyetracking pomaga przy projektowaniu użytecznych interfejsów, ergonomicznych wnętrz, pozwala ocenić, czy przygotowany przekaz reklamowy skupia wzrok klienta na elementach stanowiących kluczowy element przekazu, czyli na reklamowanym produkcie, nazwie firmy itd.

To właśnie wyniki badań eyetrackingowych przyczyniły się do tego, że zwykle wybieramy w sklepach produkty eksponowane na półkach znajdujących się na wysokości naszych oczu. Pomijamy tym samym ekspozycje umiejscowione niżej/wyżej stref skupiających naszą uwagę, bez świadomości, że zostały tam umieszczone artykuły, które zwykle nie ustępują jakością tym z wyższych półek, mają za to o wiele niższą cenę.

Chociaż technologia eyetrackingu kojarzona jest powszechnie głównie z zastosowaniami komercyjnymi, znalazła także zastosowanie w medycynie, psychologii oraz w szeroko pojętej edukacji.

### Eyetracking w edukacji

Ta metoda badawcza znalazła zastosowanie w badaniach edukacyjnych, związanych zarówno ze szkoleniem dzieci, jak i dorosłych. Szczegółowa analiza ścieżki wzroku ucznia podczas czytania tekstu pozwala m.in. na identyfikację przyczyn trudności i zaburzeń w czytaniu i przyswajaniu treści, które wynikają głównie z trudności utrzymania uwagi na poszczególnych fragmentach tekstu.

Przed wprowadzeniem do badań metody eyetrackingowej nie było możliwości dokonania tak wnikliwej jak obecnie analizy procesu zapoznawania się ucznia z materiałem edukacyjnym, a także oceny stopnia skupienia uwagi ucznia nad tekstem, z którym się zapoznaje. Dzisiaj możemy dokonać pogłębionej oceny, w jaki sposób uczniowie czytają i rozumieją teksty. Można ocenić, na których elementach przygotowanego materiału edukacyjnego skupiają większą uwagę, na których mniejszą, a które są zupełnie pomijane. Dla badaczy ważne jest też, do których fragmentów materiału uczniowie wracają po raz drugi, by przyswoić je ponownie, a także które fragmenty czytają lub oglądają wielokrotnie, by zrozumieć ich sens. Równie istotne jest, po jak długim czasie uczniowie dostrzegają poszczególne elementy materiału, z którym się zapoznają, oraz jak długo skupiają na nich uwagę.

” *Analiza wzrokowej uwagi ucznia szczególnie przydatna jest przy testowaniu zadań – jeśli okaże się, że duża liczba uczniów czyta wielokrotnie fragment zadania przed przystąpieniem do jego wykonania, może to stanowić sygnał, że treść zadania została sformułowana w niejasny i mało przystępny dla ucznia sposób.*

Współczynnik niepowodzenia wykonania zadania może więc wynikać wówczas nie tyle z braku odpowiednich umiejętności ucznia, ile ze złego sformułowania zadania.

W ostatnich latach popularna stała się tendencja fabularyzacji treści zadań, którym sprostać mieli uczniowie zarówno na egzaminie maturalnym, jak i ci uczestniczący w różnego typu zawodach przedmiotowych. Częstokroć celem tego typu zabiegów było wskazanie, że nauki ścisłe są bliskie codziennemu życiu i że wiedza zdobyta w tym zakresie może być przydatna. W rezultacie „przerost formy nad treścią” sprawia, że uczeń – nie rozumiawszy dokładnie poleceń, które powinien wykonać w zadaniu – po prostu ich nie wykona, choć byłby w stanie to zrobić przy innym, mniej karłowatym sformułowaniu zadania. Testy wykorzystujące metodę eyetrackingu pozwalają uwidocznić problem: czy uczeń zwraca należyłą uwagę na najistotniejsze fragmenty treści zadania czy raczej pożytkuje ją na te elementy, które choć ją uatrakcyjniają, to nie wnoszą nic istotnego z punktu widzenia analizy i rozwiązania zadania.

Z tych właśnie względów doskonałą metodą oceny podręczników szkolnych i stron internetowych czy prezentacji multimedialnych skierowanych do uczniów byłaby analiza ścieżki wzroku badanych uczniów. Byłaby to szansa na końcową modyfikację materiałów przeznaczonych do druku i projektowanie lepszych interfejsów edukacyjnych. To przecież wyniki badań z użyciem tej technologii wskazały obszary na stronach internetowych, w których powinny zostać umieszczone najistotniejsze treści z punktu widzenia odbioru przekazu. Oczywiście wspomniane rozwiązania wiązałyby się z wysokimi nakładami finansowymi, co obecnie uniemożliwia jeszcze ich wdrożenie w plan powszechnej edukacji.

Eyetracking jest też niezastąpioną metodą oceny problemów z czytaniem osób z dysleksją. Nie tylko pozwala na ocenę ich tempa czytania tekstów, lecz także na identyfikację problemów szczególnie istotnych z punktu widzenia rozumienia tekstu, z którym się zapoznają. Precyzja wyników badań dotyczy słów, a nawet fragmentów tekstu, które zostają przez takie osoby pomijane. Stanowi to punkt wyjścia do opracowania metod, które pomogą osobom z dysleksją na lepsze rozumienie tekstów czytanych. Ma to szczególne znaczenie, bo wraz z doskonaleniem umiejętności czytania maleje zarówno liczba fiksacji, jak i czas z nimi związany.

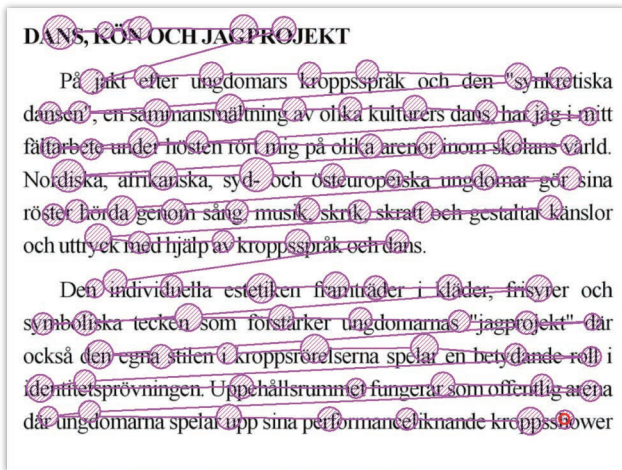
### Wzrokocentryczni

We współczesnej kulturze ogromna liczba przekazów informacji przedstawiana jest w formie obrazowej, w tym za pomocą wykresu lub infografiki, które są szybsze w odbiorze niż tekst, a także łatwiejsze do przyswojenia przez użytkowników urządzeń mobilnych o niewielkich ekranach. Jak się jednak okazuje, taka obrazowa forma może zarówno uczynić przekaz łatwiejszym do zrozumienia, jak i odwrotnie, w odpowiedni sposób skonstruowana, może sugerować błędne wnioski.



” **Obraz jest medium, za pomocą którego łatwo można manipulować odbiorcą poprzez na przykład odpowiedni dobór proporcji i kolorów, kadrowania obrazu, a – w przypadku wykresu – dodatkowo także poprzez wybór jego typu czy wartości jednostki osi.**

Wyniki badań bazujących na analizach eyetrackingowych pomagają specjalistom przygotować materiały dla uczniów i odpowiednie wsparcie terapeutyczne, w tym to wspomagające trening funkcji poznawczych, związany głównie ze szkoleniem ukierunkowanym na koncentrację uwagi.



Sekwencja fiksacji i sakkad przedstawiająca ścieżkę wzroku podczas czytania tekstu

Źródło: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Reading\\_Fixations\\_Saccades.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ef/Reading_Fixations_Saccades.jpg)

Nie sposób byłoby przecenić zastosowanie technologii eyetrackingu w pomocy osobom z zaawansowaną niepełnosprawnością ruchową, w szczególności tym, które przy całkowitym paraliżu ciała mają sprawny narząd wzroku. Osoby te mogą obsługiwać komputer, pisać teksty i przetwarzać dane, komunikując się z maszyną wyłącznie za pomocą ruchu gałek ocznych. Współpracujący z komputerem użytkownika eye-tracker rejestruje miejsca na ekranie, na których użytkownik skupia uwagę, odczytuje wysłane przez niego sygnały w postaci ruchów źrenic, w wyniku czego inicjowane są żądane przez użytkownika instrukcje.

Pomoc niesiona osobom z różnym stopniem niepełnosprawności ma szczególne znaczenie w przypadku osób

młodych. Uczniom o dużej niepełnosprawności ruchowej śledzenie ścieżki wzroku umożliwia sprawną obsługę interfejsu, sterowanie aplikacjami, co przekłada się na możliwość korzystania ze sprzętu komputerowego niemal na poziomie osoby pełnosprawnej.

## Edukacja uczniów w spektrum autyzmu

Jednym z zaburzeń neurorozwojowych, którego zdiagnozowanie na wczesnym etapie rozwoju dziecka ma ogromne znaczenie dla jego późniejszego rozwoju, jest autyzm. Eyetracking niesie ogromną pomoc diagnostom nie tylko w zdiagnozowaniu autyzmu, lecz także przy wyborze metody edukacji uczniów już zdiagnozowanych. Autyzm nie jest jedynym zaburzeniem neurologicznym, w którego diagnozowaniu technologia śledzenia wzroku i analizy skupienia odgrywa ważną rolę. Eyetracking wykorzystywany jest także przy przeprowadzaniu różnego typu testów psychologicznych, często mało znanych nawet wśród osób zainteresowanych tą tematyką. Przykładem tego typu badań jest opracowany w latach 90. XX w. przez Anthony'ego Greenwalda test utajionych skojarzeń IAT (ang. *Implicit Association Test*). Celem testu jest wykrycie preferencji, skojarzeń i uprzedzeń badanego, często przez niego nieuświadomionych, których istnienia nie podejrzewa. Tym samym test ten pozwala na zbudowanie profilu badanej osoby na podstawie przesłanek, których uzyskanie inną drogą byłoby niemożliwe.

Wspomniane przykłady to tylko niewielki ułamek możliwości zastosowania tej technologii. Przyspieszenie jej wykorzystania nastąpi zapewne wraz ze zmniejszeniem kosztów sprzętu niezbędnego do prowadzenia badań.

W ciągu ostatnich lat eyetracking trafił także do gier i aplikacji mobilnych, poszerzając interfejs użytkownika o dodatkowe możliwości i poprawiając jego czytelność i użyteczność. Śledzenie ruchu źrenic gracza jest źródłem dodatkowych informacji, których wykorzystanie pozwala graczom na bardziej intensywne zanurzenie się w świecie wirtualnym, m.in. na rozglądanie się w różnych kierunkach tylko na podstawie ruchu gałek ocznych, dostosowanie oświetlenia w zależności od kierunku patrzenia czy też dostarczenie systemowi informacji, czy nastąpiło nawiązanie kontaktu wzrokowego z rozmówcą.

Wciąż trwają prace nad wykorzystaniem tej technologii przy weryfikacji tożsamości użytkownika systemu komputerowego. Badanie wzorca ruchu gałek ocznych już w niedalekiej przyszłości pozwoli zapewne na wiarygodną ocenę, czy osoba korzystająca z systemu jest rzeczywiście tym, za kogo się podaje.

Bywa tak, że technologia wygląda na przełomową, ale nie znajduje zbyt wielu zastosowań. Eyetracking jest przydatny w wielu dziedzinach – ich lista nie została zamknięta.