

EYE TRACKING – PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE NA PRZYKŁADZIE LEKCJI BIOLOGII

Adam Szalach

Instytut Informacji Naukowej i Bibliologii UMK
e-mail aszalach@doktorant.umk

Abstract: The technology of eye tracking is systematically used in scientific research, marketing and research on the usability and readability of websites. It is also gradually entering the commercial market in industry and entertainment. Proper early preparation of students to commune with technology that changes the communication interface between a human and a computer can allow for the introduction of innovation in the learning process, putting primarily practical application of acquired knowledge. The following article presents the basic issues in the field of eye tracking technology and presents a conceptual outline of the use of eyeball tracking technologies on the example of biology lessons for secondary schools.

1. Wstęp

Dynamiczny wzrost ilości nowoczesnych technologii w szkołach powinien doprowadzić do refleksji nad ich praktycznym zastosowaniem w procesie dydaktyki. To zadanie stawiane zarówno przed nauczycielami jak i przed uczniami, musi wykształcić kompetencje czerpania informacji z różnych źródeł.

Nowoczesne technologie bardzo często szybciej trafiają do rąk uczniów niżeli nauczyciele są w stanie praktycznie je zastosować w procesie nauczania. Przykładów takich można mnożyć wiele, od wirtualnej rzeczywistości po gry komputerowe, które jeszcze do niedawna uważane były za destrukcyjną formę spędzania czasu wolnego przez dzieci i młodzież.[4] Postawa ta do dnia dzisiejszego jest jeszcze znacznie zakorzeniona w świadomości nie tylko nauczycieli ale również i opiekunów pomimo, iż niejednokrotnie wykazano praktyczne i korzystne wykorzystanie tej formy rozrywki jako wsparcia procesu nauczania. Dlatego tak istotna wydają się być potrzeba elastycznego dostosowania programów nauczania do aktualnych trendów rynkowych, oraz rozwoju nauk o poznaniu

2. Eye Tracking – historia, kamienie milowe?

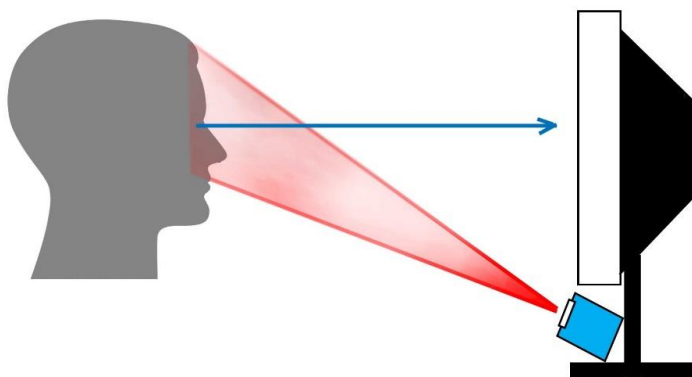
Eye tracking, jako metoda badawcza od dłuższego czasu jest wykorzystywana w wojsku oraz medycynie. Jednakże, co raz częściej znajduje również zastosowanie w różnych dziedzinach, jak marketing czy komunikacja społeczna. Dzięki rozwojowi technologicznemu stanowi znaczące wsparcie dla osób niepełnosprawnych. Rola eye trackingu w tym przypadku jest istotna, gdyż dzięki miniaturyzacji nie ma już ograniczeń w zastosowaniu. Należy również zauważyć fakt, iż cena podstawowych urządzeń zaczyna dochodzić do poziomu, w którym nie tylko wyspecjalizowane instytucje czy ośrodki badawcze będą mogły pozwolić sobie na ich zakup, ale również szkoły, uczelnie czy też prywatni użytkownicy. Prowadzi to do wniosku, iż w najbliższych latach urządzenie nazywane eye trackerem zostanie w pełni skomercjalizowane. Podkreślić tutaj należy, iż omawiana technologia do swojego rozwoju wymaga zaangażowania przede wszystkim dwóch dziedzin: informatyki oraz nauk przyrodniczych.[6]

Sama historia eye trackingu rozumianego jako proces śledzenia ruchów gałek ocznych wydaje się być stosunkowo krótka, gdyż sam rozwój narzędzi pomiarowych datowany jest na początek XX wieku. Jednakże sama idea zrozumienia widzenia sięga czasów Arystotelesa.[7] Od zawsze problematyka percepcji wzrokowej oraz procesu widzenia fascynowała wielu naukowców. W początkowej fazie było to nic innego, jak sama obserwacja ruchów gałek ocznych, opierających się o ewentualną interpretację ruchów fizycznych czy też prób wprowadzenia pierwszych narzędzi pomiarowych, które cechowała przede wszystkim niedokładność. Dopiero XVII wiek przyniósł pierwsze narzędzia optyczne pozwalające na dokładniejsze dokonywanie pomiarów. W wielu przypadkach bazowano przede wszystkim na badaniu odbicia rzutowanego na siatkówce oka. [7] Dopiero pod koniec XIX wieku badania Hermanna Helmholtz (1821–1894) oraz Ewalda Heringa (1834–1918) przyniosły intrygujące odkrycie. Teoria Helmholtza bazowała głównie na zrozumieniu problematyki stabilizacji obrazu odbieranej rzeczywistości pomimo poruszania ciałem czy też ciągłego ruchu gałek ocznych. Jego teoria zawiera w sobie również podstawy badań nad percepcją wizualną. Przełomowym zdarzeniem w procesie badania efektów wizualnych było wykorzystanie zjawiska powidoku, inaczej zwanego kontrastem następczym. Zjawisko to polega na intensywnej obserwacji danego obiektu, po przeniesieniu wzroku w innym kierunku pozostaje chwilowo zapamiętany poprzedni obiekt w barwie dopełniającej. Proces ten związany jest przede wszystkim z budową siatkówki oka oraz działaniem receptorów odpowiedzialnych za widzenie barwne. [7] Wykorzystanie powidoków przez Helmholtza oraz Heringa doprowadziło do udoskonalenia wielu procesów w obserwacji i zrozumieniu zasady działania zmysłu wzorku. Ich odkrycia były początkiem rozwoju okulistyki. Wielu XIX wiecznych lekarzy i naukowców z tego odkrycia korzystało. Tym bardziej wydaje się ono istotne, iż wiele założeń teorii powidoków stanowi również podstawę współczesnych badań nad ruchami gałek ocznych. Należy

również zaznaczyć, że odkrycia i wynalazki związane z technologią eye trackingu zazwyczaj związane były z naukami medycznymi. Większość odkryć następowała w uniwersyteckich laboratoriach okulistycznych, w których skupiano się nie tylko na percepcji wizualnej, ale nade wszystko nad próbą zdefiniowania zjawisk i procesów dotyczących dysfunkcji zmysłu wzroku. Deuteranopia zwana daltonizmem, oczopląs czy hipermetropia (nadwzroczność) polegająca na skróceniu gałki ocznej były wynikami dociekań naukowców nad zrozumieniem działania ludzkiego oka. [7] W procesie badań nad ruchami gałek ocznych wykorzystywano wiele technik i narzędzi. Niejednokrotnie próby stworzenia skutecznej techniki pomiarowej kończyły się uszkodzeniami wzroku a nawet w skrajnych wypadkach wiązały się z całkowitą ślepotą badanych. Dopiero odkrycia Lusja Emila Javala oraz Raymonda Dodge'a bazujące na badaniach powidoków pozwoliły na stworzenie pierwszych eye trackerów bezinwazyjnych. Efekt ich prac opierał się na obserwacji światła odbitego od powierzchni źrenicy przy wykorzystaniu narzędzi fotograficznych. Narzędzia te stały się podstawą budowy współczesnych eye trackerów. Javal odkrył, przy okazji licznych eksperymentów nad procesem widzenia zjawisko określane jako sakkady, polegające na nieliniowości ruchów gałek ocznych w procesie czytania, co więcej zjawisko to nie jest w żaden sposób zależnej od woli badanego.[7] Eksperymenty nad tekstem pisanym stały się również inspiracją do prac nad procesem obserwacji danych obrazów i rozwoju percepcji wizualnej. Szczegółową analizą obserwowanych obrazów zajmował się moskiewski naukowiec Alfred Yorbis w latach 1914-1986. Naukowiec ten zauważył, że odbiór danego obrazu, miejsca skupienia i kolejność ruchów gałek ocznych związana jest również z kontekstem oraz pytaniem zadawanym badanemu. Okazuje się bowiem, że zmiana pytania ma związek ze zmianą sposobu obserwacji danego obiektu. Zatem w procesie obserwacji tak ważny jest ogólny kontekst danego zjawiska. Yorbis eksperymentował również z narzędziami pomiarowymi. W latach 50. stworzył bowiem w pełni dopasowaną soczewkę kontaktową, która pozwalała na dokładniejszą obserwację zjawiska powidoków. Z racji dość dużej inwazyjności nie stała się ona popularna, ale przyczyniła się do powstania soczewek silikonowych z podłączoną cewką elektromagnetyczną.[7] Jednocześnie w tym samym czasie rozwijała się kolejna gałąź badań eye trackingowych bazująca na elektrookulografii, a dokładniej na DPI opartego o odbicie Purkiniego. Za pomocą wiązki podczerwonej oświetla się oko, zaś serwomechanizmy mają za zadanie operować soczewkami w taki sposób, żeby przy zachowaniu odpowiedniej geometrii optycznej zlokalizować pierwsze i czwarte odbicie Purkiniego na powierzchni źrenicy. [3] Efektem tego odkrycia było przede wszystkim stworzenie podstaw współczesnej okulografii i rozwoju technologii eye trackingowych.

Współczesne eye trackery rozwijają się od późnych lat 70. dzięki komercjalizacji tych narzędzi pomiarowych przez firmę ASL, która za cel postawiła sobie standaryzację i upowszechnienie eye trackerów. Do tego czasu badacze z reguły musieli opanować wiele umiejętności z zakresu mechaniki, optyki a w późniejszych czasach również

i elektroniki. Zasadniczy podział współczesnych eye trackerów uzależniony jest od ich docelowego zastosowania. Zależnie od zapotrzebowania narzędzia te mogą być stacjonarne oraz mobilne, do czego przysłużył się powszechny postęp oraz miniaturyzacja urządzeń elektronicznych. Do najpopularniejszych należy zaliczyć przede wszystkim trackery bazujące na analizie obrazu DPI za pomocą wiązki podczerwonej. Z uwagi na zastosowanie stosuje się różny poziom stosowanych diod IR. Do najbardziej powszechnych, całkowicie nadających się do badań analitycznych są trackery pracujące w zakresie od 60-120 Hz. [3] Oczywiście istnieją również trackery wykorzystujące częstotliwość 1000 Hz, jednakże zastosowanie znajdują przede wszystkim w obszarze badań diagnostycznych oraz w medycynie. Soczewka stosowana przez Yorbusa znalazła swoje współczesne odpowiedniki w formie twardówkowych soczewek silikonowych bazujących na cewkach komunikujący się z urządzeniami magnetyczno-optycznymi. Ta forma gromadzenia danych jest powszechnie stosowana w kinematografii, symulacja i grach komputerowych pod nazwą motion capture. Przedstawiony sposób badania ruchów gałek ocznych, pomimo dokładnego pomiaru, jest w dalszym ciągu najbardziej inwazyjnym modelem prowadzenia badań. W zakresie eye trackingu stale rosnąca popularnością cieszą się badania bazujące na badaniu pomiaru potencjału elektrycznego obszaru około oczodołowego za pomocą elektrod. Badanie to polega przede wszystkim na mierzeniu pozycji spoczynkowej oka w stosunku do pozycji głowy. Jest to również jednocześnie badanie pozycji głowy, czyli tzw. head tracking.



Rysunek 1 Schemat eye trackera DPI (źródło: zasoby własne)

3. Współczesne zastosowanie technologii eye trackingu

Współcześnie urządzenia do badania ruchów gałek ocznych wykorzystywane są w wielu dziedzinach od badań naukowych po badania diagnostyczne. Stosowane są już

od wielu lat chociażby w wojskowości, przy projektowaniu kokpitów samolotów czy też jako element wyposażenia zaawansowanych hełmów lotniczych [5] jako narzędzie służące do operowania wybranymi instrumentami lotniczymi, choć szczegółowe dane parametryczne tych urządzeń nie są, ze względu na specyfikę obszaru zastosowania powszechnie dostępne. [1]. Eye tracking od niedawna stosowany jest również jako narzędzie mające na celu badanie poziomu zmęczenia kierowcy oraz jako system ostrzegania o zbyt długim czasie oderwania wzroku od pokonywanej drogi. Tak sprzężony system wydaje się być bardzo skutecznym uzupełnieniem współcześnie produkowanych zabezpieczeń i systemów bezpieczeństwa kierowcy. W chwili obecnej, z uwagi na koszty jest stosowany jedynie w markach klasy Premium jako wyposażenie dodatkowe, aczkolwiek można założyć, że w chwili potwierdzenia skuteczności może stać się równoprawnym wyposażeniem jak w przypadku systemów kontroli trakcji czy siły hamowania.



Rysunek 2. Przykład eye trackera stosowanego w samochodach marki BMW od około 2016 roku (źródło: zasoby własne)

Stale rosnąca liczba firm, które skutecznie implementują nowe, coraz bardziej innowacyjne sposoby zastosowania tej technologii przyczyniają się do jej rosnącej komercjalizacji. Urządzenia podlegają stałej miniaturyzacji i choć projekty takie jak Google Glass[8] czy Tobii Pro Glasses[9] wydają się być trudno osiągalne z uwagi na wysokie koszty zakupu, to standardowe wersje mobilne znajdują również szerokie zastosowanie w przemyśle rozrywkowym. Topowe wersje laptopów wybranych producentów sprzętu komputerowego w swoim standardowym wyposażeniu mają już wbudowane moduły służące do śledzenia ruchów gałek ocznych. Idea ta z racji typowo gamingowego zastosowania nie została pominięta przez producentów gier komputerowych[10], którzy przy użyciu odpowiednich skryptów starają się wprowadzić nowy bardziej atrakcyjnych system rozrywki przy jednoczesnym testowaniu nowych sposobów interakcji i komunikacji na płaszczyźnie człowiek komputer.

Jak zatem można zauważyć, rynek zastosowania technologii eye trackingu stale się rozszerza. W związku z tym, wartym rozważenia jest być fakt, żeby już w tym momencie przygotowywać dzieci i młodzież do nowej formy technologii, wskazując przede wszystkim na szeroki wachlarz zastosowań nie tylko skupiający się na formie rozrywki, ale również na nauce i rozwoju. Zaistnienie tej technologii na rynku komercyjnym w naturalny sposób stanie się faktem. Już w niedalekiej przyszłości całkowicie zmieni się forma interakcji człowieka z komputerem. Tym bardziej, że z dotychczasowych doświadczeń nad wdrażaniem innowacyjnych technologii, dydaktyka wczesnoszkolna wykorzystywała jest zbyt opieszale lub zbyt wolno, tracąc w stosunku do rozszerzonej rzeczywistości czy jej wirtualnym odpowiedniku praktycznie wchłoniętym przez rynek gier mobilnych czy komputerowych.

4. Przykładowa forma zastosowania technologii eye trackingu na lekcjach biologii

Nie od dziś wiadomo, że nauka przez zabawę czy praktyczne zastosowanie wiedzy stanowi klucz do rozszerzania zainteresowań ucznia. Oczywiście nie sposób pominąć fakt, iż każda odpowiednio dobrana do potrzeb ucznia metoda może stać się skuteczną.

Zatem czy eye tracking może nauczyć czegoś ucznia? Poniżej zaprezentowany zostaje przykładowy uproszczony i koncepcyjny konspekt lekcji biologii dla klas II liceum i technikum:

KONSPEKT

Podstawa programowa: Na podstawie programu nauczania biologii dla liceum ogólnokształcącego i technikum na podstawie podstawy Nowa Era [11]

Czas trwania: 45 – 90 minut w ramach 14 godz. do dyspozycji nauczyciela

Wyposażeni: Pracownia z dostępem do jednego komputera z eye trackerem oraz sala informatyczna z oprogramowaniem OGAMA, model oka, schematy budowy oka.

Wykorzystane metody

- pogadanka, prezentacja, eksperyment, wykorzystanie technologii informatycznych

Cele kształcenia

- uczeń zna budowę oka, potrafi wskazać elementy budowy gałki ocznej, opisać je i wskazać funkcje
- uczeń zna funkcję źrenicy, ciała szklanego, czopków oraz pręcików

- uczeń potrafi w podstawowym zakresie zrozumieć jak porusza się oko w procesie czytania,
- uczeń potrafi w podstawowym zakresie zrozumieć jak porusza się oko w procesie obserwacji obrazu
- uczeń rozumie, czym są fiksacje i sakkady w procesie widzenia i jak powstają,

Umiejętności

- uczeń potrafi rozpoznawać poszczególne elementy oka oraz wskazać je na rysunku lub zdjęciu,
- uczeń wyjaśnia mechanizm powstawania obrazu w oku oraz potrafi powiedzieć, co się dzieje z narządem wzroku w procesie czytania i obserwacji obrazu,
- uczeń potrafi przedstawić budowę oka oraz potrafi wymienić w nich poszczególne elementy,
- uczeń potrafi przedstawić znaczenie poszczególnych elementów w procesach widzenia,
- uczeń analizuje działanie narządów zmysłu i wyciąga wnioski.

Przebieg przykładowej lekcji

Faza przygotowania

Nauczyciel nawiązuje do poprzednich lekcji, przypomina budowę oka wraz z mechanizmami psychofizycznymi. Omówiona zostaje budowa układu nerwowego wraz z kognitywnymi aspektami widzenia. Wyszczególnienie informacji o procesie poznawczym, roli zmysłu wzroku i zasadzie jego działania. Wprowadzenie uczniów do historii badań nad ruchami gałek ocznych, przedstawienie funkcji oraz zastosowania eye trackera

Faza realizacyjna

Nauczyciel przedstawia narzędzie eye trackera oraz oprogramowanie. Następnie wybrane lub chętne osoby zasiadają do komputera tak, żeby cała grupa miała możliwość obserwowania eksperymentu. Uczniowie po skalibrowaniu mają dwa zadania do wykonania. Pierwszym jest odczytanie krótkiego tekstu oraz obserwacji obrazu. Po dokonaniu eksperymentu na kilku uczniach można przystąpić do analizy i wizualizacji zebranych danych. Do zadań uczniów będzie należało wygenerowanie heatmapy oraz gaze plotów, jak również wyciągnięcie stosownych wniosków. W procesie przygotowania, realizacji oraz przetwarzania wyników, niezbędną są również umiejętności informatyczne, które pozwolą na prawidłowe skalibrowanie czy analizę danych.

Faza podsumowania

Uczniowie prezentują wykonane wyniki, nauczyciel objaśnia, dlaczego ruch oka ma odmienną charakterystykę w obserwacji obrazu oraz obserwacji tekstu. Wskazuje

problematykę analizy ruchów gałek ocznych oraz wyjaśnia dlaczego proces czytania nie jest procesem ciągłym i liniowym.

Realizacja takich zajęć oczywiście wymaga zastosowania specjalistycznego sprzętu i najprawdopodobniej w większości szkół istniałaby potrzeba przeprowadzenia eksperymentu w pracowni komputerowej. Nie mniej jednak wykorzystanie takiego sprzętu może stanowić podstawę do przeprowadzenia zajęć z innych przedmiotów takich jak historia czy geografia do pracy z mapą, badania zjawisk fizycznych z zakresu optyki czy nawet historii sztuki. Tylko tak przeprowadzone zajęcia wprowadzają ucznia nie tylko w dany obszar nauk, ale wykorzystując do tego nowe technologie, które mogą być dodatkowym bodźcem do czerpania przyjemności ze zdobywania wiedzy i umiejętności. Korelacja informatyki z innymi naukami wydaje się być niezwykle istotna. Warty rozważenia wydaje się być również wprowadzenie, przynajmniej w podstawowym zakresie podstaw nauk kognitywnych.

5. Podsumowanie

Nie istnieje idealny system szkolnictwa. Oczywiście, istnieją systemy bardziej lub mniej skuteczne. Wzorców dobrych systemów jest dużo ale, żaden z nich nie jest system idealnym. Według Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju fiński system edukacji uważany jest za najlepszy. Powodów z których wynika, że Finlandia w zakresie szkolnictwa dzieci i młodzieży od wielu lat znajduje się na szczytach wszystkich rankingów jest dużo. Jednym z nich jest aspekt praktycznego zdobywania wiedzy przez eksperymentowanie, projektowanie i badanie dzięki czemu proces nauczania realizowany jest w formie podawczej. Drugim oczywistym dla Finów ale również każdego z nas indywidualnie, jest fakt, że chętniej i efektywniej zdobywamy wiedzę kiedy sprawia ona nam przyjemność. Przyjemnością dla współczesnych dzieci i młodzieży w wielu wypadkach jest obcowanie z nowościami technologicznymi. Zatem realizując tradycyjny program nauczania przy wykorzystaniu nowych technologii może nie naprawimy wszystkich błędów naszego systemu edukacyjnego ale możemy wpłynąć na poprawię niektórych jego elementów.

Literatura

1. Dubois E., Blatter C., Camachon C., Hurter C., *Eye Movements Data Processing for Ab Initio Military Pilot Training* [w:] *Intelligent Decision Technologies Proceedings of the 7th KES International Conference on Intelligent Decision Technologies (KES-IDT 2015)*, 39, Springer, pp 125- 135, 2015, Smart Innovation, Systems and Technologies, 978-3-319-19856-9. [ff10.1007/978-3-319-19857-6_12ff.fhal-01166484f](https://doi.org/10.1007/978-3-319-19857-6_12ff.fhal-01166484f)
2. Duchowski A.T., *Eye tracking methodology*, New York, NY 2017.

3. Holmqvist K., i in., *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures*, Oxford 2015,
4. Polcyn-Matuszewska S., *Konstruktywne konteksty wykorzystania gier komputerowych w edukacji – studium przypadku* [w:] *Kwartalnik nauka o mediach*, Wydział Teologiczny Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego, (2)2015
5. Shree D.V J., Murthy L.R.D., Saluja K.S., Biswas P., *Operating Different Displays in Military Fast Jets Using Eye Gaze Tracker*, „*Journal of Aviation Technology and Engineering*” t. 8 nr 1 (2018), DOI: 10.7771/2159-6670.1184.
6. Szalach A, Osińska V, *Informatyka w Edukacji – wokół nowej podstawy. Koncepcja wykorzystania eye trackingu w korelacji nauczania informatyki oraz przedmiotów przyrodniczych*, red. A. B. Kwiatkowska, M. M. Sysło, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń, 2017.
7. Wade N.J., *Pioneers of eye movement research*, „*i-Perception*” t. 1 nr 2 (2010), DOI: [10.1068/i0389](https://doi.org/10.1068/i0389).

Literatura dodatkowa:

8. <https://www.google.com/glass/start/> (ostatni dostęp: 30.05.2019)
9. <https://www.tobii.com/product-listing/tobii-pro-glasses-2/> (ostatni dostęp: 30.05.2019)
10. <https://gaming.tobii.com/> (ostatni dostęp: 30.05.2019)
11. <https://podstawaprogramowa.pl/Liceum-technikum/Biologia> (ostatni dostęp: 30.05.2019)