

KONCEPCJA WYKORZYSTANIA EYETRACKINGU W KORELACJI NAUCZANIA INFORMATYKI ORAZ PRZEDMIOTÓW PRZYRODNICZYCH

Adam Szalach

Institut Informatyki WSKSiM, Toruń

adamszalach@gmail.com

Veslava Osińska

Institut Informacji Naukowej i Bibliologii, UMK Toruń

wieo@umk.pl; www.umk.pl/~wieo

Abstract. In 20th/21st century we observe dynamic changes in information and communication technologies. This is a time of increasing the speed of information sharing, collection, verification, and automatic categorization. The aim of this paper is to present eyetracking technology in the study of empirical data sets, also in terms of their applications in didactics. The analysis has been subjected to contemporary trends in eyetracking applications in marketing, medicine and teaching. Examples of use the eyetracking in the analysis of data visualization and the effectiveness of this technology are presented as a tool to support the preparation of teaching materials.

1. Wstęp

Na początku, należy w pierwszej kolejności pochylić się nad znaczeniem słowa korelacja. Pochodzące z języka łacińskiego *correlatio* oznacza wzajemne powiązanie, współzależność. W rozpatrywaniu korelacji między przedmiotowej najważniejszym celem jest zatem scalanie zagadnień, definicji oraz procesów zachodzących na poszczególnych etapach zdobywania wiedzy z różnych dziedzin nauki. Kluczowym elementem jest nade wszystko przygotowanie ucznia do samodzielnego gromadzenia i twórczego wykorzystywania informacji, co obecnie stanowi poważne wyzwanie dydaktyczne. Największym wyzwaniem we współczesnych aplikacjach dydaktycznych jest niewątpliwie narastający problem deprecjacji informacji. Informacje niesprawdzone, sensacyjne czy też bezwartościowe z punktu widzenia pedagogów wypierają informację ważną i sprawdzoną. Wystarczy przytoczyć amerykańskie badania (polskich niestety jeszcze nie przeprowadzono) dotyczące statystyk

najczęściej odwiedzanych stron przez uczniów w wieku 12-16 lat [1]. Zdziwienie może budzić fakt, iż Facebook przestał już być popularny, ponieważ określany jest przez uczniów jako „zbyt wolny”, „niedynamiczny”. Zdecydowany prym w statystykach wiodą aplikacje WhatsUp, YouTube, Instagram. Są one sprofilowane na przekaz za pomocą obrazu. Mogą to być serie zdjęć, którymi młodzież bezkrytycznie dzieli się pomiędzy sobą w sieci albo krótkie dynamiczne filmy. Standardem już jest wyeliminowanie procesu pisania tekstów, nawet krótkich, zastępując je zdjęciami dokumentów. Zapewne nie jesteśmy już w stanie zmienić tego trendu; musimy się zatem profesjonalnie przygotować do właściwego wykorzystania go w procesie dydaktycznym. Wiemy już sporo o procesach kognitywnych, które zachodzą w czasie czytania tekstów. Trwają badania nad psychologicznymi procesami percepcji obrazów [6]. Jednak najgorzej sytuacja wygląda z obrazami dynamicznymi, seriami zdjęć czy też krótkimi sekwencjami wideo. Aby wypełnić tę lukę proponujemy przeprowadzenie badań pilotażowych, mających na celu określenie podstawowych parametrów zachodzących podczas rozpoznawania obrazów. Ruchy gałek ocznych, ściśle związane z procesami uwagowymi mogą być już dzisiaj badane bez użycia drogich urządzeń. Wystarczy prosty *eyetraker* a nawet wbudowana kamera internetowa bądź analizator ruchu *touchpada* i ekranu dotykowego.

2. Eyetracking w analizie informacji

Proces zdobywania wiedzy wymaga od odbiorcy licznych zabiegów w postaci odnalezienia informacji, jej sklasyfikowania oraz zrozumienia żeby ostatecznie ją przyswoić [8]. Istotnym jest tutaj również problem jej zweryfikowania, zwłaszcza we współczesnych czasach, kiedy ciąg informacyjny jest praktycznie niczym nie ograniczony. Ważny jest fakt, iż dopiero przyswojona duża ilość dobrych jakościowo danych, ich analiza i synteza może w procesie dydaktycznym dawać ostatecznie wiedzę, która jest jednym z podstawowych celów w dydaktyce. W dobie wszechobecnej cyfryzacji oraz globalnego dostępu do informacji wydawać by się mogło, że nie ma problemu z przyswajaniem wiedzy przed odbiorców. Jednakże nic bardziej mylnego. Problemem, który w równym stopniu dotyka zarówno uczniów, jak i nauczycieli jest umiejętność, a raczej jej brak, w samodzielnej selekcji oraz weryfikacji docierających danych. Zbyt duża ilość odbieranych informacji, zatracenie jej wartości merytorycznej niejednokrotnie prowadzi do licznych przekłamań, nieścisłości a tym bardziej wątpliwości, co do zgodności treści z rzeczywistością. Co za tym idzie wiedza, staje się powierzchowna oraz nie usystematyzowana.

Na początku XX wieku komputeryzacja i cyfryzacja wraz z rozwojem metod numerycznych oraz statystyki doprowadziła do stanu, w którym analiza danych odbywa się za pośrednictwem tabel i wykresów. Niestety, bez specjalistycznej wiedzy czy też doświadczenia kierunkowego przeciętny odbiorca nie jest w stanie przyswo-

ić sobie właściwych relacji i zrozumieć całościowo wielowątkowego zagadnienia. Nie trudno zauważyć, że analiza tak przedstawionej informacji jest kłopotliwa. Dodatkowo można odnieść wrażenie, iż dla ucznia jest ona nudna i bezsensowna, gdyż stawia za cel bardziej zapamiętanie poszczególnych wartości, aniżeli powiązania faktów czy też zrozumienia związku przyczynowo-skutkowego. Zastosowanie nowych narzędzi, np. eyetrackingu może pomóc rozwiązać te problemy [7].

Wraz z rozwojem zasobów sieciowych oraz wizualizacji informacji sposób przedstawiania danych oraz różnego rodzaju informacji zaczyna się sukcesywnie odwracać. Zatem, czy istnieje możliwość łączenia graficznej interpretacji zjawisk przyrodniczych, ich relacji? Jaka jest tutaj rola informatyków i gdzie znajduje się wspólny mianownik? „Właściwie skonstruowane i wykorzystane „mapy informacji” pozwolą na automatyczne uruchomienie procesów analitycznych już w czasie poszukiwania informacji. Nie podając uczniowi rozwiązania „na tacy”, jak czynią to wyszukiwarki internetowe, zmusimy go do analizy już na etapie poszukiwania”[7].

Mapowanie informacji było już wielokrotnie wskazywane jako dobrze obrany kierunek w procesie przekazywania wiedzy. Związek treści wizualnych wraz z semiotyką stał się istotnym elementem rozwoju w dziedzinie tworzenia kolejnych map nauki, zaś rozwój kolejnych narzędzi usprawnia ten proces [6]. Dlatego tak istotne jest wykorzystanie zasobów sieciowych w ramach licznych projektów na przedmiotach przyrodniczych z wykorzystaniem zarówno technologii multimedialnych jak również informatycznych.

Należy również zwrócić uwagę na fakt, iż analiza danych wraz z projektowaniem mapy informacji jest zadaniem niełatwym. Prawidłowe przedstawienie istotnych danych, tak aby były one czytelne i zrozumiałe stanowi pewną barierę. Ciężko jest ocenić, czy świeżo utworzona mapa, infografika albo schemat ukierunkują odbiorcę i zmuszą go do oczekiwanej przez twórcę refleksji. W przypadku wykorzystania metod wizualizacji danych, kluczowym elementem poznawczym jest zmysł wzroku. Proces widzenia realizowany jest u człowieka przez jeden z głównych zmysłów, za pośrednictwem którego odbiera on około 90% ogółu napływających informacji. W percepcji wizualnej można wyróżnić część wykonawczą, rolę której pełni układ optyczny, oraz część percepcyjną, należącą do systemu nerwowego.

W celu przeprowadzenia skutecznej analizy danej informacji wizualnej możemy posłużyć się powszechnie już znaną technologią, którą jest *eyetracking*. Technologia ta wynaleziona w XIX w. Polegała przede wszystkim na bezpośrednim obserwowaniu ruchów gałek ocznych. „Próby wykonywania pierwszych badań śledzących i rejestrujących aktywność wzrokową człowieka przeprowadzono już ponad 100 lat temu. Stosowane wówczas metody były jednak bardzo inwazyjne ze względu na konieczność bezpośredniego mechanicznego kontaktu z rogówką oka. Pierwsza nieinwazyjna metoda została zaprezentowana w 1901 roku przez Dodga

i Cline'a i wykorzystywała odbicie światła na rogówce"[2]. Metoda ta umożliwiała jednak rejestrację pozycji gałki ocznej wyłącznie w poziomie.

Bardzo popularne obecnie „urządzenia montowane na głowie osoby badanej zostały wynalezione przez Hartridga i Thompsona w roku 1948"[2], a dopiero dziesięć lat później, w 1958 roku powstał pomysł nałożenia ruchów oczu na obraz z kamery przekazującej pole widzenia badanego. W kolejnych latach pracowano nad udoskonalaniem istniejących rozwiązań i rozwojem innych technologii rejestracji aktywności wzrokowej człowieka. Obecnie wykorzystywane są głównie trzy rodzaje eyetrackerów ze względu na zastosowaną technologię:

- Specjalistyczne soczewki kontaktowe, które w przeciwieństwie do soczewek korekcyjnych nie poruszają się na gałce ocznej, ani wraz z nią;
- Eyetrackery bezkontaktowe – bazujące na wiązce podczerwonej odbijającej się od oka i rejestrowanej przez kamerę;
- *Eyetrackery* wykorzystujące interfejs brain-computer, działające przy jednoczesnym pomiarze potencjału elektrycznego, mierzonym przez elektrody umieszczone wokół oczu (np. Emotiv Eporc).

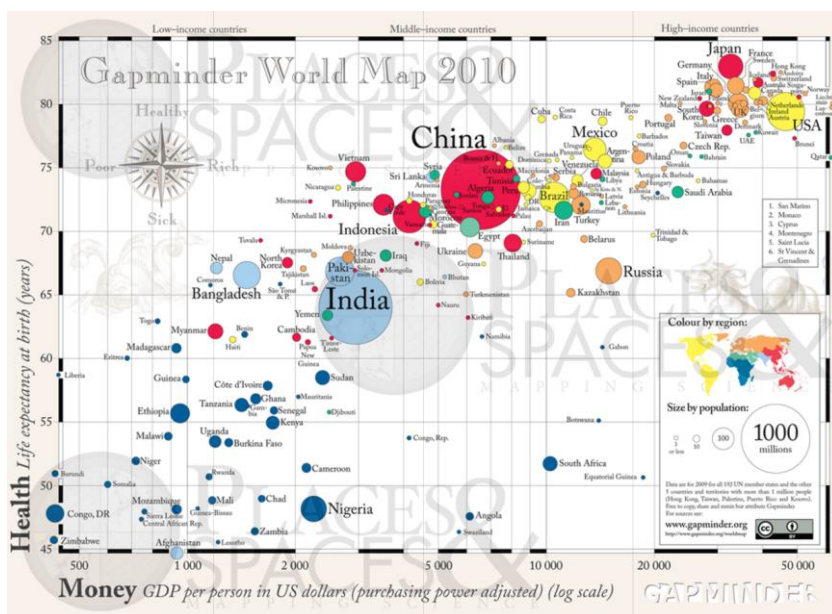
Szczególnie ostatnia pozycja ma duże szanse stać się interfejsem przyszłości, nie tylko w analizie obrazów ale również w badaniach w czasie rzeczywistym aktywności wizualnej „czytelnika komputerowego”. Urządzenie Emotiv-Eporc wykorzystuje aktywność elektromagnetyczną kory mózgowej oraz mięśni twarzy. Pozwala to badać aktywność wizualną osób podczas wykonywania różnych czynności wizualnych. Aparatura jest bezprzewodowa, przesyła dane o aktywności w czasie rzeczywistym i może być wykorzystywane np. przez osoby sparaliżowane do sterowania zewnętrznymi urządzeniami podłączonymi bezpośrednio. Zamontowanie takiego systemu np. na głowie ucznia w szkole pozwoli zbadać całą jego aktywność wzrokową podczas lekcji. Nie tylko wtedy kiedy jest on skupiony na treściach przekazywanych przez nauczyciela ale również wtedy kiedy zajmuje się czymś zupełnie innym. Najważniejsze jest jednak aby nauczyciele byli w stanie twórczo wykorzystać wyniki takich badań.

Wraz z rozwojem technologii śledzenia wzroku następowały liczne zmiany konstrukcyjne w ich budowie. Początkowe *eyetrackery* były w postaci nagłownych konstrukcji zbliżonych kształtem do hełmu. Stosowano również dużo bardzo inwazyjne rozwiązania w postaci soczewek zakładanych chirurgicznie. Obecnie popularne są zarówno urządzenia stacjonarne, jak również mobilne. Przykładem takiego urządzenia mogą być rozwiązania proponowane przez firmę Tobii w postaci prostokątnego urządzenia o rozmiarach pozwalających na swobodne wykorzystanie praktycznie w każdych warunkach. Swoją wielkością zbliżone do rozmiaru średniej wielkości smartfona. Na rynku dostępne są również urządzenia z własnym interfej-

sem graficznym, formie tabletu do komunikacji w przypadku znacznych niepełnosprawności użytkownika.

Technologia *eyetrackingu* wykorzystywana jest obecnie w wielu dziedzinach np.: medycynie, marketingu, webdesign czy ergonomii. Kluczowe znaczenie ma również w rehabilitacji osób chorych i niepełnosprawnych. Eyetracking stanowi wreszcie doskonale narzędzie dydaktyczne pozwalające na weryfikację skuteczności odbioru informacji.

3. Przykład analizy obrazu



Rysunek 1. Mapa pochodząca z wystawy Places&Spaces

Na rysunku 1 widzimy dane statystyczne naniesione na wykres. Os Y to oczekiwana długość życia, os X dochód na mieszkańca. Każdy kraj oznaczony jest innym kółkiem, którego rozmiar uzależniony jest od populacji, zaś kolor przypisany jest do danego kontynentu. Projekt Gapminder jest interaktywną aplikacją pozwalającą na wspomaganie procesu uczenia zagadnień statystycznych. Wygenerowany obraz stanowi tylko przykład licznych możliwości prezentacji danych generowanych przez tę aplikację. Istotą projektu jest unaczynienie realnych problemów i różnic wynikających z wielu czynników. „Uczniowie otrzymują „karty państw”, po czym są proszeni o pogrupowanie kart w sposób, który pokazuje poziom rozwoju tych krajów. Dobrze jest, jeśli zdołają posortować i połączyć karty w dwie i więcej grup.

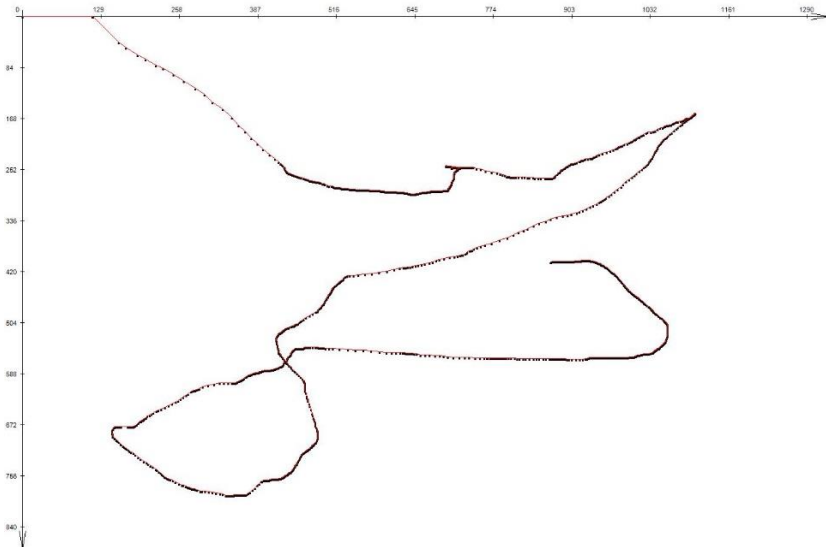
Następnie, uczniowie proszeni są o wytłumaczenie dlaczego tak pogrupowali karty: czy odwzorowują one różnice w przychodach, służbie zdrowia czy rozwoju krajów w całości. Stopniowo, nauczyciel wprowadza dane do Gapmintera, tak jak na tej mapie”[3, 4].

Poddanie tego rysunku pod badanie eyetrackerem może umożliwić nam odtworzenie procesu poznawania danego zagadnienia. Wartości raportowe z wygenerowane na podstawie pozycji i fiksacji wzroku na danej pozycji w rzeczywistości jednak nie będą niczym innym, jak wartością liczbową uporządkowaną w ramach Tabeli 1 jako pozycji skupienia oka na danym punkcie oraz czasu jego obserwacji. I tu jako odbiorcy zostajemy również poddani schematowi analizy pustych danych statystycznych.

Tabela 1. Fragment danych analizy ruchu oka na Rysunku 1.

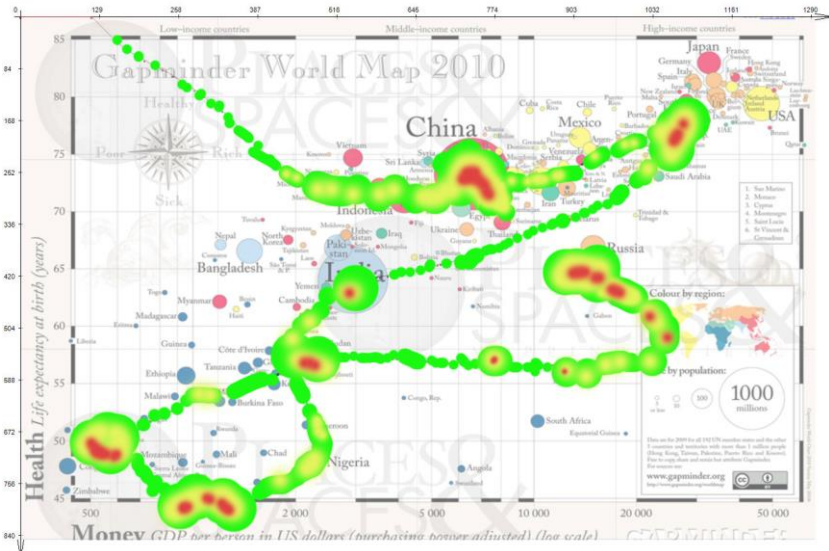
X	Y	t
0	0	0
115	0	136
116	0	0
158	42	13
170	51	9
189	63	11
202	70	10
219	80	11
231	85	11
248	95	12
265	106	11
284	118	11
299	128	10
312	141	11
329	152	11
344	166	12
355	179	11
366	189	11

Pomocnym będzie tu fakt naniesienia na oś współrzędnych omawianych wartości, gdyż dzięki temu uzyskamy nie tylko widok przestrzenny ale również zaobserwujemy ruch.



Rysunek 2. Dane Tabeli 1 naniesione na oś współrzędnych.

Dopiero jednak zestawienie danych statystycznych wraz z osią współrzędnych na obserwowany obraz i zróżnicowanie czasu fiksacji wzroku przez naniesienie tzw. *heatmapy*, może wskazać już konkretne wnioski, jakimi kierują się odbiorcy danej wizualizacji. Oczywiście wyniki, które otrzymamy zróżnicowane będą min. ze względu na płeć odbiorcy czy też zmieniać się będą w zależności od długości czasu obserwacji obrazu. W efekcie takiego badania będziemy mogli określić, które elementy były pomijane a na których nastąpiło skupienie odbiorcy. Analizując dane wynikowe z badania eyetrackerem nie można pominąć *gaze plotów*, czyli kolejności skupień wzroku i o ile *saccady* dają nam dane dotyczące ruchu pomiędzy skupieniami to w rzeczywistości *gaze plot* przedstawia rzeczywistą kolejność fiksacji. Komercyjne oprogramowanie dokonujące analizy danych *eyetrakera* jest zazwyczaj dość drogie w wymaga używania komercyjnych systemów operacyjnych, które też trzeba zakupić. Autor proponuje własny, autorski program który umożliwi otrzymywanie wyników analizy obrazów w postaci powszechnych i łatwych w użyciu plików ASCII. Można je potem poddać analizie w różnych zewnętrznych programach, nanosząc w elastyczny sposób otwarte dane w różny sposób. Komercyjne oprogramowanie pozwala zazwyczaj na wybór z góry narzuconych modułów analitycznych i nie oferuje eksportu danych w otwartych formatach.



Rysunek 3. Dane z tabeli 1 razem z obrazem poddanym analizie.

Odniesienie się do map nauki jest jedynie przykładem, gdyż analiza obrazów, danych czy relacji może zachodzić praktycznie na każdym rodzaju prezentowanych danych niezależnie od dziedziny nauki. Istotnym jest również to, żeby zachodziła współpraca pomiędzy naukami przyrodniczymi i informatyką.

Nie można również pominąć faktu coraz większej ekspansywności tej technologii w życiu codziennym. Już dziś obserwujemy jej stałą obecność w naszym życiu codziennym, a nawet można stwierdzić, iż z całą pewnością, w niedalekiej przyszłości eyetracking będzie wypierać znane nam dotychczas interfejsy użytkownika. Obecnie każdy producent sprzętu komputerowego oraz multimedialnego wyposaża swoje urządzenia w tą technologię. Przykładem tego mogą być współczesne smartfony, które zawierają już czytniki, które automatycznie przesuwają tekst na ekranie zależnie od pozycji fiksacji wzroku. Najnowocześniejsze samochody wyposażane są w sterowanie gestami czy też systemy monitorowania zmęczenia kierowcy. Tak jak kolorowe wyświetlacze wyparły monochromatyczne, czy też ekrany dotykowe klawisze fizyczne, tak następnym krokiem w komercyjnym zastosowaniu będzie wyparcie ekranów oporowych czy pojemnościowych przez śledzenie ruchów oka czy gestów. *Eyetracking* jest również mocno wykorzystywany w działaniach marketingowych, gdzie już sieci sklepów używają tej technologii do odpowiedniego umiejscawiania produktów na sklepowych półkach, czy też reklam w prasie. Na podobnej zasadzie działa również rynek e-commerce, gdzie badane jest tzw. *usability*, które jest niczym innym, jak takim rozlokowaniem informacji, żeby skutecznie przykuć

uwagę odbiorcy. Dlatego istotnym jest przygotowywanie uczniów do przyjmowania nowych technologii. Nie można wprawdzie do tego podchodzić bezkrytycznie, jednakże to należy pozostawić nauczycielom, gdyż efektem ich działań dydaktycznych ma być konstruktywne przygotowanie uczniów do obcowania z nowościami technologicznymi i ugruntowaną wiedzą do czego te technologie są wykorzystywane.

Za dowód może tu posłużyć fakt prowadzonych przez naukowców badań, nad zastosowaniem u niemowląt i małych dzieci animacji komputerowej, w tym przypadku kreskówki, mającej przyczynić się do szybszego przyswojenia sobie języka obcego. Dziecko za pomocą wzroku decyduje o wydarzeniach w oglądanej bajce. Do bajki dołączane są zwroty z innych języków, co ma wpłynąć na rozwijanie zdolności lingwistycznych dzieci [5].

4. Zakończenie

Eyetracking, jako metoda badawcza jest od dłuższego czasu wykorzystywana w wielu dziedzinach nauki. Dzięki rozwojowi technologicznemu stanowi znaczące wsparcie dla osób niepełnosprawnych. Rola *eyetrackingu* w tym przypadku jest istotna, gdyż dzięki miniaturyzacji nie ma już ograniczeń w zastosowaniu. Należy również zauważyć fakt, że 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, dlatego też można przypuszczać, że w najbliższych latach urządzenie zostanie w pełni skomercjalizowane. Podkreślić należy, iż omawiana technologia do swojego rozwoju wymaga zaangażowania dwóch dziedzin: informatyki oraz nauk przyrodniczych. Dziedziny te są niezbędne w przeprowadzaniu dalszych badań zarówno przy wizualizacji informacji jak i analizy dużych zbiorów danych.

Jak zatem widzimy, im wcześniejsza nauka wykorzystywania najnowszych technologii w zdobywaniu i przyswajaniu wiedzy, tym łatwiejszy i bardziej owocny w przyszłości będzie proces dydaktyczny – dla nauczycieli, i edukacyjny – dla uczniów. Oczywiście nie wolno podchodzić do nowych rozwiązań bezkrytycznie. Nie mniej analiza ruchu oka jako przykład współcześnie wykorzystywanej technologii sprawdził się na wielu płaszczyznach. Dlatego też, należy uważnie przyjrzeć się *eyetrackingowi* pod kątem wsparcia dla metodyki nauczania, nowej generacji podrećników, czy też dalszej aktywizacji osób z niepełnosprawnością. Aby tak się stało potrzebne jest współpraca pomiędzy różnymi środowiskami naukowymi.

Literatura

1. Elgersma C., *Kids bored with Facebook? What to know about their new favorite sites*. Common Sense Media, 2016.

2. *Eyetracking. Historia*. Laboratorium Ergonomii Politechniki Wrocławskiej. http://ergonomia.ioz.pwr.wroc.pl/hci--eye_tracking-historia.php,
3. Lindgren, M. *Gapminder World Map*. <http://scimaps.org/2010>, ostatni dostęp 05.06.2017 roku.
4. Lindgren, Mattias. 2010. *A Card Game with the Gapminder World Map*. <http://www.gapminder.org/downloads/card-game>, ostatni dostęp 05.06.2017
5. Neurocognitive Laboratory. <http://lnk.icnt.umk.pl/>, ostatni dostęp 05.06.2017.
6. Osińska V., Osiński G., Kwiatkowska A.B., *Visualization in Learning: Perception, Aesthetics and Pragmatism. Maximizing Cognitive Learning through Knowledge Visualization*, A. Ursyn (ed.), Chapter: 13, IGI Global, 2016.
7. Osiński G., Osińska V., *Wizualizacja informacji w nauczaniu przedmiotów przyrodniczych*. Biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Nauczycieli Przedmiotów Przyrodniczych, T. 42 (4), 2014.
8. Osiński G., *Wizualizacja informacji. Badania struktur informacji w poszukiwaniu prawdy*, Fides Ratio Patria 3, Toruń, 2015.

Literatura dodatkowa

1. Błasiak W., Godlewska M., Rosiek R., Wcisłowski D., *Eyetracking. Nowe możliwości eksperymentalne w badaniach edukacyjnych*, UP, Kraków 2015.
2. Jarodzka H., Holmqvist K., Gruber H., *Eye tracking in Educational Science: Theoretical frameworks and research agendas*. Journal of eye movement Research, 10 (1), 2017.
3. Lai M-L., Tsai M-J., Yang F-Y., Hsu Ch.-Y., Liu T.-Ch., Lee S. W-Y., Lee M-H., Chiou G-L., Liang J-C., Tsa C-C., *A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012*, Educational Research Review 10, pp.: 90–115, 2013.
4. Shayan S., Abrahamson D., Bakker A., Duijzer C. & van der Schaaf M., *Eye-Tracking the Emergence of Attentional Anchors in a Mathematics Learning Tablet Activity*. *Eye-Tracking Technology Applications in Educational Research*. C. A. Was, F. J. Sansosti, & B. J. Morris (Eds.), IGI Global, 2016.