

<http://dx.doi.org/10.16926/p.2016.25.25>

Anna STOLIŃSKA

## Technika eyetrackingowa w studenckich projektach badawczych

**Słowa kluczowe:** eyetracking, analiza danych okulograficznych, metody badań, kształcenie studentów, badania interdyscyplinarne.

### Wprowadzenie: okulografia jako technika badawcza

Pytanie o to, jak działa ludzki umysł, zadaje sobie wielu badaczy z różnych dziedzin nauki od setek lat. Poznanie samej struktury mózgu oraz jego funkcjonowania z użyciem takich metod badawczych, jak skanowanie techniką emisji pozytonów (*positron emission tomography*, PET), funkcjonalny rezonans magnetyczny (*functional magnetic resonance imaging*, fMRI) czy elektroencefalografia (EEG) nie przynosi jednoznacznych odpowiedzi na wszystkie pytania dotyczące procesów poznawczych, takich jak percepcja, uwaga, pamięć, myślenie. Poszukiwanie metod badawczych, które pozwoliłyby zrozumieć związek tych procesów z neurofizjologią mózgu, przyczyniło się do powstania techniki badawczej zwanej okulografią. Ze względu na to, że wzrok jest zmysłem dostarczającym najwięcej danych z otaczającego nas świata i system uwagi kieruje nim, by selektywnie pobierać istotne informacje, wydaje się, że badania ruchu oczu mogą być przydatne dla zrozumienia ludzkiej percepcji. Należy jednak podkreślić, że i w tym przypadku, ze względu na złożoność reakcji człowieka, nadal nie jest możliwe całkowicie pewne wnioskowanie o procesach poznawczych tylko na podstawie spostrzegania wzrokowego.

Trudno jest dokładnie określić, kiedy wykonano pierwsze badania okulograficzne (w Polsce przyjęło się stosować terminologię anglojęzyczną i częściej można spotkać się z określeniem *eyetracking*), ale uznaje się, że systematyczne studia nad tym zagadnieniem podjęli na początku XIX wieku Johannes Müller

i Charles Bell<sup>1</sup>. Prace tych badaczy nie koncentrowały się jedynie na fizjologii widzenia, ale stanowiły wkład w teorię poznania, dotyczyły bowiem między innymi zależności reakcji wzrokowego systemu sensorycznego od wyobraźni<sup>2</sup>. Problematykę związaną z procesami poznawczymi można również dostrzec w badaniach prowadzonych przez L.É. Javala, C.H. Judda i G.T. Buswella czy też A.L. Yarbusa<sup>3</sup>. Dzięki rozwojowi nowych technologii oraz zastosowaniu komputerów w drugiej połowie XX wieku badania eyetrackingowe zyskały znacznie na popularności i poszerzył się również obszar ich zastosowań, o czym będzie mowa w dalszej części artykułu.

W pomiarach ruchów gałek ocznych wykorzystuje się współcześnie wideookulografię, polegającą na rejestrowaniu przez kamerę lub specjalny aparat zmiany położenia wybranych punktów odniesienia, stanowiących elementy aparatu wzrokowego. W szczególności pomocna okazuje się warstwowa budowa gałek ocznych oraz to, że światło skierowane na gałkę oczną odbija się w różny sposób od jej poszczególnych składowych. W aktualnie stosowanych urządzeniach pomiarowych kamera wykrywa położenie gałek ocznych, które są oświetlane niewidzialnym dla człowieka światłem podczerwonym. Odbite od rogówki oka promienie podczerwone są widoczne jako refleksy (zwane również odbiciami Purkiniego) i to właśnie między innymi na ich podstawie wyznaczane są koordynaty – współrzędne x i y położenia oka.

Współcześnie do pomiarów okulograficznych używa się dwóch rodzajów eyetrackerów: mobilnych (nagłownych, zwanych również okularowymi) oraz stacjonarnych (w postaci urządzenia zintegrowanego z monitorem komputerowym, wolnostojącego, którego położeniem manipuluje badacz, lub też systemu, który jest w pełni nieprzenośny i pozwala również na stabilizację osoby badanej w stosunku do układu pomiarowego). Eyetrackery mobilne umożliwiają badania w środowisku naturalnym obiektu, na przykład w pomieszczeniach z urządzeniami sterowniczymi (kokpicie samolotu, pomoście nawigacyjnym) lub w sklepach, na drogach, w obiektach użyteczności publicznej. Eyetrackery stacjonarne są rekomendowane do badań w laboratoriach lub pracowniach, w sytuacji, gdy wystarczająca jest rejestracja ruchów gałek ocznych podczas oglądania materiałów (scen wizualnych) prezentowanych na monitorze komputerowym.

Eyetrackery różnią się również częstotliwością pomiarów (liczbą pomiarów położenia wzroku w ciągu sekundy), wahającą się od 30 Hz do nawet 2000 Hz. Częstotliwość, z jaką pracuje urządzenie, powinna być dobrana do rodzaju prowadzanego badania, od niej zależy też jakość wyników i precyzja przeprowadzanych pomiarów<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> N.J. Wade, *Pioneers of eye movement research*, „Iperception” 2010, nr 1(2), s. 33–68.

<sup>2</sup> J. Steudel, *Johannes Peter Müller*, <http://www.britannica.com/biography/Johannes-Peter-Muller> [dostęp: 24.04.2016].

<sup>3</sup> P. Soluch, A. Tarnowski, *O metodologii badań eyetrackingowych*, „Lingwistyka Stosowana” 2013, nr 7, s. 127.

<sup>4</sup> Źródło: Neuro Device, <http://www.neurodevice.pl/pl/uslugi/eye-tracking> [dostęp: 24.04.2016].

## 1. Analiza i interpretacja danych okulograficznych

Podczas badań eyetrackingowych rejestrowanych jest (w zależności od rodzaju urządzenia i częstotliwości pomiarów) od kilku do kilkudziesięciu parametrów ruchu oka. Najważniejsze z nich omówiono poniżej.

### FIKSACJE

– to względnie stabilne skupienie wzroku na elemencie sceny wizualnej, inaczej mówiąc, zjawisko pozwalające gałkom ocznym utrzymać obrazu obiektu w obrębie będącej w spoczynku plamki żółtej<sup>5</sup>. Fiksacje można opisać za pomocą trzech parametrów: czasu (całościowego lub średniego), liczby i częstotliwości. Długość trwania pojedynczej fiksacji wynosi zwykle od 0,15 do 1,5 sekundy<sup>6</sup>, przyjmuje się jednak, że średnio w ciągu sekundy mają miejsce trzy fiksacje<sup>7</sup>, natomiast sumaryczny czas fiksacji stanowi około 90% całkowitego czasu oglądania obrazu<sup>8</sup>.

### Interpretacja wyników badań

Polski psycholog P. Francuz dokonał przeglądu badań okulograficznych i na podstawie wyników badań prowadzonych na przestrzeni lat przez naukowców z całego świata przedstawił zestawienie, które ustala najważniejsze związki parametrów eyetrackingowych z procesami poznawczymi. I tak przyjmuje się, że dłuższy średni czas fiksacji (iloraz sumarycznego czasu fiksacji przez ich liczbę) wskazuje na obszerniejsze przetwarzanie danych znajdujących się aktualnie w polu wzrokowym – wiąże się ze wzmożonym zaangażowaniem uwagi wzrokowej, a także głębokością przetwarzania danych sensorycznych. Krótsze średnie czasy fiksacji są związane z bardziej złożonymi, bogatszymi w detale obrazami. Czas do pierwszej fiksacji, czyli czas, po jakim oglądający scenę wizualną po raz pierwszy skieruje wzrok na obszar, który z jakichś powodów jest interesujący dla badacza, jest wskaźnikiem, na podstawie którego można ocenić zdolność badanego elementu do skupiania uwagi. Ten ruch oczu jest również przejawem mimowolnej uwagi. Liczba fiksacji jest także wskaźnikiem zainteresowania obrazem. Można zauważyć oczywistą zależność, że im więcej jest punktów fiksacji, tym dłuższy jest ich całkowity czas. Większa liczba fiksacji wiąże się z większym skupieniem punktów fiksacji na określonym obszarze sceny wizual-

<sup>5</sup> M. Wójcik, *Zaburzenia gałkoruchowe w drzeniu samoistnym*, (praca doktorska napisana pod kierunkiem A. Szczudlika), Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2011, s. 11.

<sup>6</sup> J. Wątróbski, K. Witkowska, *Wykorzystanie rozmytych map kognitywnych w modelowaniu przekazu interaktywnego*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego Studia Informatica” 2015, nr 38, s. 231.

<sup>7</sup> P. Soluch, A. Tarnowski, dz. cyt., s. 116.

<sup>8</sup> P. Francuz, *Imagia. W kierunku neurokognitywnej teorii obrazu*, <http://afterimagia.pl/book/okoruchowe-korelaty-piekna> [dostęp: 24.04.2016].

nej (czyli na tak zwanym obszarze zainteresowania – *area of interest*; AOI) i może oznaczać albo wzrost trudności w rozpoznaniu umieszczonych na nim elementów, albo szczególną ważność tego obszaru dla uchwycenia sensu całego obrazu. Wydaje się, że im bardziej rozproszone są punkty fiksacji rozmieszczone na niewielkim obszarze, tym mniej ukierunkowane jest jego oglądanie. Wyższa częstotliwość fiksacji może być wskaźnikiem pobudzenia emocjonalnego, wynikającego na przykład z wykonywania zadania pod presją czasową lub silnej potrzeby zidentyfikowania trudnej do rozpoznania rzeczy w oglądanym fragmencie obrazu.

### SAKADY

– to szybkie skokowe zmiany położenia kąтового gałek ocznych prowadzące do takiego ich ustawienia, by osie wzrokowe obu oczu łączyły nowy punkt fiksacji z dołkami środkowymi plamki żółtej. Zakłada się, że w czasie ruchu sakadowego następuje obniżenie wrażliwości wzrokowej<sup>9</sup>. Podczas analizy ruchu sakadowego bierze się pod uwagę takie parametry ilościowe, jak: latencja (interwał czasowy między prezentacją bodźca a inicjacją sakady w odpowiedzi na ten bodziec, trwający u zdrowego człowieka około 150–300 ms), amplituda, czas trwania (typowo około 40 lub 50 ms) oraz prędkość kątowa, sięgająca 900° na sekundę<sup>10</sup>. Sakady są postrzegane jako najszybsze ruchy, jakie może wykonać nasze ciało, i zwykle trwają nie dłużej niż 80 ms. Sumaryczny czas sakad wynosi około 10% całkowitego czasu oglądania obrazu, natomiast ich liczba jest mniejsza o jeden od liczby fiksacji<sup>11</sup>. Urządzenia pomiarowe o wysokiej częstotliwości umożliwiają również analizę ruchów zwanych mikrosakadami. Są to drobne szybkie ruchy o charakterze skokowym związane z korekcją wynikającą z niestabilności systemu wzrokowego i małych przesunięć punktów fiksacji. Istnieją badania wskazujące, że mikrosakady mają znaczenie przy spostrzeganiu odcieni kolorów<sup>12</sup>.

### Interpretacja wyników badań

Znanym na całym świecie polskim specjalistą w zakresie badań ruchów sakadowych oczu jest profesor Jan Ober, który pisze, że analiza ruchów sakadowych umożliwia „podglądanie” procesów decyzyjnych, które towarzyszą celowej eksploracji otoczenia, ukierunkowanej na odbiór informacji wzrokowej o najwyższej przydatności, „użyteczności” dla kierowania naszym zachowaniem<sup>13</sup>.

<sup>9</sup> B. Bałaj, *Analiza i interpretacja ruchów oczu w skaningu wyobraźniowym*, „Studia z Psychologii w KUL”, t. 17, red. O. Gorbaniuk i in., Lublin 2011, s. 169–188.

<sup>10</sup> M. Wójcik, dz. cyt., s. 7.

<sup>11</sup> P. Francuz, dz. cyt.

<sup>12</sup> P. Soluch, A. Tarnowski, dz. cyt., s. 3.

<sup>13</sup> J. Ober, J. Dylak, W. Gryncewicz i in., *Sakkadometria – nowe możliwości oceny stanu czynnościowego ośrodkowego układu nerwowego*, „Nauka” 2009, nr 4, s. 109–135.

Badania okulograficzne pozwoliły dowieść, że procesy poznawcze mogą wpływać na wydłużenie latencji oraz dostrzeżono korelację między długością latencji a precyzyjnym zlokalizowaniem celu. Na wydłużenie latencji ma wpływ również informowanie badanego o konieczności zwiększeniu uwagi w trakcie wykonywania zadania, natomiast na jej skrócenie ma wpływ zniknięcie celu przed przeniesieniem na niego uwagi<sup>14</sup>.

W badaniach eyetrackingowych analizuje się również częstość tak zwanych sakad powrotnych, zwanych również regresjami. Przejawiają się one wielokrotnym przenoszeniem osi widzenia na oglądany już wcześniej fragment sceny wizualnej, a ich częstość wskazuje na ponowną potrzebę eksploracji tego obszaru. Przyczyną występowania sakad powrotnych są najczęściej trudności z odczytaniem sensu zawartego w tym fragmencie obrazu, ze względu na jego niejednoznaczność wizualną<sup>15</sup>. Należy zauważyć, że przebieg czasowy i dynamika sakad wskazują na sprawność funkcjonowania ośrodkowego układu nerwowego, a analiza zaburzeń ruchu sakadowego oczu pozwala wnioskować o ogólnym stanie mózgu<sup>16</sup>.

#### SZEROKOŚĆ ŻRENICY

– otwór w tęczówce, przez który przepuszczone jest światło; u dorosłej osoby ma szerokość od 2 do 8 milimetrów<sup>17</sup>. Zmiana szerokości źrenicy (jej zwięzanie lub rozszerzanie) spowodowana jest nie tylko reakcją fizjologiczną na zmianę oświetlenia, ale również działaniem innych bodźców, takich jak emocje czy substancje chemiczne<sup>18</sup>.

#### Interpretacja wyników badań

Badania nad emocjami dowodzą, że nieprzyjemne bodźce wzrokowe mają dużo większy wpływ na rozmiar źrenicy (jej średnica powiększa się) niż bodźce przyjemne. Reakcja źrenicy (jej szerokość) jest również wskaźnikiem obciążenia pamięci roboczej – okazuje się, że stopień rozszerzenia źrenicy podczas wykonywania zadań poznawczych jest psychofizjologiczną miarą przetwarzania informacji. Pupilometria pozwoliła wykazać, że im większy jest wysiłek umysłowy i większe przetwarzanie, tym większa jest również średnica źrenicy<sup>19</sup>.

<sup>14</sup> P. Soluch, A. Tarnowski, dz. cyt., s. 128.

<sup>15</sup> P. Francuz, dz. cyt.

<sup>16</sup> J. Ober, J. Dylak, W. Gryncewicz i in., dz. cyt., s. 132.

<sup>17</sup> P. Biecek, *Odkrywać! Ujawniać! Objaśniać! Zbiór esejów o sztuce prezentowania danych*, Warszawa 2014, s. 37.

<sup>18</sup> S. Herej, *Reakcja źrenicy jako wskaźnik przetwarzania informacji podczas wykonywania zadania emocjonalny n-back*, (praca magisterska napisana pod kierunkiem I. Krejtz), Szkoła Wyższa Psychologii Społecznej, Warszawa 2013.

<sup>19</sup> Tamże.

## MRUGNIĘCIA POWIEKAMI

– to odruchowy lub zamierzony cykl zamknięcia i otwarcia powieki. Badania pozwoliły wyodrębnić trzy typy mrugnięć: odruchowe (mimowolne), wolicjonalne (zamierzone) i endogenne. Mimowolne mrugnięcia są instynktowną reakcją na zanieczyszczenia występujące w powietrzu i naturalnym odruchem na hałas, który wywołuje w człowieku uczucie strachu. Zamierzone mrugnięcia są w pełni kontrolowane, wywoływane świadomie w celu na przykład wyrażenia akceptacji, natomiast endogenne są związane z postrzeganiem i przetwarzaniem informacji, na przykład w czasie mówienia lub czytania. Częstość mrugania jest zwykle stała dla każdej osoby i waha się od 3 do 25 razy na minutę, ale pod wpływem różnych czynników zewnętrznych (na przykład wilgotność i temperatura otoczenia) może ulec zmianie<sup>20</sup>. Badania dowodzą, że zarówno częstość, czas trwania, jak i moment wystąpienia mrugnięć modyfikowane są tak, aby zapewnić jak najlepsze warunki do odbioru informacji wzrokowych<sup>21</sup>.

### Interpretacja wyników badań

Badania wykazały, że aktywność umysłowa może w zasadniczy sposób zmieniać częstotliwość mrugania – na przykład rozmowa i werbalne przypomnianie mogą zwiększyć częstość mrugania. Istnieją również czynności, które zdecydowanie redukują tę częstotliwość – należy do nich na przykład czytanie. Można zatem wnioskować, że większy wysiłek poznawczy wiąże się ze zmniejszeniem liczby mrugnięć<sup>22</sup>. Wzrost częstości mrugnięć w sytuacji spadku lub braku bodźców wzrokowych również potwierdzono w innych badaniach i interpretowano ten fakt następująco: wydaje się, że można mrugać częściej, ponieważ w danej sytuacji nie będzie się to wiązało z utratą (pominięciem) informacji wizualnych<sup>23</sup>. Wrażliwość parametrów mrugnięć ujawnia się przede wszystkim w przypadku problemów o charakterze „zadania detekcji zmiany” lub „zadania czujności”, czyli takich, w których w polu widzenia dynamicznie pojawiają się bodźce wejściowe<sup>24</sup>, co oznacza, że parametry mrugnięć zależą od specyfiki zadania i związanych z nim swoistych procesów przetwarzania informacji.

Podsumowując, można stwierdzić, że badania eyetrackingowe są obiecującą techniką badawczą, pozwalającą wnioskować o procesach poznawczych, w szczególności uwagi odpowiedzialnej za selekcję informacji i zapobieganie

<sup>20</sup> M. Andrzejewska, A. Stolińska, *Comparing the difficulty of tasks using eye tracking combined with subjective and behavioural criteria*, „Journal of Eye Movement Research” 2016, nr 9 (3), s. 1–16.

<sup>21</sup> J. Strelau, *Podstawy psychologii*, Gdańsk 2000.

<sup>22</sup> M. Andrzejewska, A. Stolińska, dz. cyt., s. 3.

<sup>23</sup> H. Ledger, *The effect cognitive load has on eye blinking*, „The Plymouth Student Scientist” 2013, nr 6 (1), s. 206–223.

<sup>24</sup> D.L. Neumann, O.V. Lipp, *Spontaneous and reflexive eye activity measures of mental workload*, „Australian Journal of Psychology” 2002, nr 54 (3), s. 174–179.

negatywnym skutkiem przeładowania systemu poznawczego przez nadmiar danych<sup>25</sup>. Wyniki badań eyetrackingowych przedstawiane są najczęściej w postaci statycznych i dynamicznych rejonów zainteresowania z łatwymi do odczytania wykresami oraz filmów, zdjęć, map cieplnych fiksacji, statystyk liczbowych<sup>26</sup>. Interesujących danych dostarcza również analiza ścieżek wzroku (ścieżek skanowania), które wskazują kolejność postrzegania poszczególnych obszarów i pozwalają zidentyfikować elementy odwracające uwagę od głównej treści przekazu.

## 2. Zastosowanie badań eyetrackingowych w naukach humanistycznych i społecznych (wybrane przykłady)

Technika okulograficzna stała się w ostatnich czasach tania i to spowodowało, że znacząco wzrosła jej popularność. O ile w badaniach związanych z medycyną (zaburzeniami widzenia, uszkodzeniami systemu wzrokowego, działaniem ośrodkowego układu nerwowego) istotne są parametry pomiarowe aparatury, takie jak częstotliwość, o tyle na przykład w marketingu czy badaniach użyteczności sprawdzają się niedroge eyetrackery, pracujące z częstotliwością około 60 Hz, które współpracują z bezpłatnym, otwartym (*open source*) oprogramowaniem. Szersza dostępność urządzeń rejestrujących ruch gałek ocznych wpłynęła również na wielostronność tematyki badań.

### Lingwistyka

Pierwsze badania nad spostrzeganiem tekstu prowadził w latach 1879–1920 francuski okulista L.É. Javal, który zaobserwował, że ruchy oczu podczas czytania tekstu mają charakter gwałtownych, szarpanych przemieszczeń (i nazwał te ruchy sakadami), po których następuje faza bezruchu gałki ocznej<sup>27</sup>. K. Hryniuk zestawiała wyniki badań odnoszące się do danych liczbowych i podaje, że czas trwania fiksacji podczas czytania wynosi średnio 200–250 milisekund. K. Hryniuk odwołuje się również między innymi do badań, z których wynika, że długość sakady wynosi średnio 7–9 liter i w czasie tego ruchu następuje integracja informacji, natomiast nowe informacje są zdobywane tylko w trakcie fiksacji<sup>28</sup>.

Przeprowadzone dotychczas badania wykazały między innymi, że głośne czytanie czy słuchanie z koncentracją na słuchanym tekście generują dłuższe fiksacje na słowach niż czytanie ciche, w myślach. Dłuższe fiksacje są również

<sup>25</sup> E. Nęcka, J. Orzechowski, B. Szymura, *Psychologia poznawcza*, Warszawa 2006.

<sup>26</sup> Neuro Device, <http://www.neurodevice.pl/pl/uslugi/eye-tracking> [dostęp: 24.04.2016].

<sup>27</sup> J. Grobelny, K. Jach, M. Kuliński, R. Michalski, *Śledzenie wzroku w badaniach jakości użytkowej oprogramowania. Historia i mierniki*, niepublikowany artykuł prezentowany na konferencji: „Interfejs użytkownika – Kansei w praktyce”, Warszawa 2006.

<sup>28</sup> K. Hryniuk, *Okulograficzne wsparcie badań nad procesem czytania*, „Lingwistyka Stosowana” 2011, nr 4, s. 191–198.

związane z czytaniem słów rzadziej występujących lub niezrozumiałych. B.J. Juhasz dowiodła ponadto, że na długość fiksacji ma wpływ również to, w jakim wieku badany poznał dane słowo – im później, tym wolniejsze jest jego przetwarzanie i przejawem tego są również dłuższe fiksacje<sup>29</sup>. Krótsze fiksacje (lub w ogóle brak fiksacji, co oznacza omijanie danego wyrazu) mają natomiast miejsce wówczas, gdy słowo następujące jest łatwe do przewidzenia<sup>30</sup>. Zainteresowanie badaczy budzą jednak przede wszystkim zależności pomiędzy zrozumieniem tekstu a ruchem gałki ocznej oraz inne procesy kognitywne związane z przetwarzaniem tekstu, i w tym obszarze prowadzone będą dalsze badania<sup>31</sup>. Ciekawym nurtem są również badania nad dysleksją, okazuje się bowiem, że analiza ruchów oczu może stać się obiektywną, prostą i szybką metodą jej diagnozowania oraz może mieć duże znaczenie we wczesnej interwencji terapeutycznej<sup>32</sup>.

## Edukacja

Wykorzystanie technik okulograficznych w badaniach edukacyjnych to najmłodszy trend spośród istniejących zastosowań, który jednak zaczyna wyróżniać się dużą dynamiką rozwoju. W badaniach tych można wyróżnić kilka głównych problemów, na których koncentruje się uwaga naukowców. Jednym z nich jest poszukiwanie wzorców przetwarzania informacji oraz badania, w których analizuje się proces przetwarzania informacji przez ekspertów i nowicjuszy<sup>33</sup>. Badania prowadzone między innymi przez zespół H. Jarodzkiej wśród tych grup zawodowych, dla których istotna jest umiejętność odczytywania informacji wizualnej (na przykład lekarze – diagności, radiolodzy), wykazały, że wraz ze wzrastającymi kompetencjami eksperckimi poprawiają się umiejętności percepcyjne, rozwój eksperckości nie jest linearny i że eksperci rozwijają specyficzne strategie, które technika eyetrackingowa pozwala zidentyfikować. Wśród tematów, które zgłębiają pedagodzy, są również zagadnienia poświęcone różnicom indywidualnym w przetwarzaniu informacji oraz perspektywy stworzenia indywidualnego środowiska, w szczególności dostosowywania treści edukacyjnych do możliwości percepcyjnych uczniów, oraz strategie uczenia się i rozwiązywania problemów<sup>34</sup>.

<sup>29</sup> B.J. Juhasz, *Age-of-acquisition effects in word and picture processing*, „Psychological Bulletin” 2005, nr 131, s. 684–712.

<sup>30</sup> K. Rayner, A.D. Well, *Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination*, „Psychonomic Bulletin & Review” 1996, nr 3, s. 504–509.

<sup>31</sup> P. Soluch, A. Tarnowski, dz. cyt., s. 115–134.

<sup>32</sup> N. Adamczak, A. Nagalewska, B. Miśkowiak, *Wybrane parametry układu wzrokowego u dzieci ze zdiagnozowaną dysleksją*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2012, nr 93 (4), s. 707–712.

<sup>33</sup> L.W. van Meeuwen, H. Jarodzka, S. Brand-Gruwel i in., *Identification of effective visual problem solving strategies in a complex visual domain*, „Learning and Instruction” 2014, nr 32, s. 10–21.

<sup>34</sup> M. Andrzejewska, A. Stolińska, W. Błasiak i in., *Eye-tracking verification of the strategy used to analyse algorithms expressed in a flowchart and pseudocode*, „Interactive Learning Environments” 2015.



## Marketing

Technika eyetrackingowa stała się bardzo popularna w badaniach kreacji reklamowej, pozwala bowiem zweryfikować, na co klient zwraca uwagę, a które elementy przekazu są przez niego ignorowane. Umożliwia to optymalizację treści promocyjnych w postaci na przykład reklam prasowych, banerów internetowych, spotów video czy e-mailingu. Prowadzi się również badania nad zauważalnością marki w materiałach marketingowych czy opakowaniach produktów na podstawie ścieżek ruchów gałek ocznych. Z uwagi na to, że eyetrackery mobilne umożliwiają przeprowadzanie badań w terenie, analizie poddaje się lokalizację towarów w sklepie w ramach tak zwanej makro- i mikronawigacji (roz-mieszczenie towarów na całej powierzchni sklepowej, organizacja alejek promocyjnych lub ułożenie towarów na półkach)<sup>35</sup>. W przeglądzie badań nad marketingiem wizualnym, dokonanym przez M. Wedela i R. Pietersa, badacze podkreślają znaczenie techniki eyetrackingowej w analizie procesów decyzyjnych konsumentów, dowodząc przykładowo, że w przypadku wywierania presji czasu i motywacji zadaniowej zachodzi zjawisko przyspieszonego zdobywania informacji, na co wskazuje spadek średniego czasu trwania fiksacji oka oraz ich filtrowanie przejawiające się omijaniem informacji tekstowych na opakowaniu. Badacze wskazują również na związki uwagi mimowolnej (ang. *bottom-up attention*), wyzwalanej przez bodźce pojawiające się w otoczeniu, oraz uwagi dowolnej (ang. *top-down attention*) – wolicjonalnej, celowej – z ruchem gałek ocznych i piszą przy tym, że zdobywanie i utrzymywanie uwagi jest trudne ze względu na wysoki poziom „reklamowego bałaganu”, to znaczy dużej liczby reklam, na których ekspozycję klienci są narażeni w każdym niemal miejscu<sup>36</sup>. Nowa generacja eyetrackerów i stosunkowo niskie koszty ich zakupu przyczyniły się do gwałtownego wzrostu zainteresowania tą techniką badawczą na rynku komercyjnym.

## Interakcje człowiek–komputer

HCI (*human computer interaction*) jest działem informatyki społecznej, zajmującym się wzajemnymi oddziaływaniami pomiędzy człowiekiem a komputerem, zachodzącymi poprzez interfejs użytkownika, czyli urządzenia bądź aplikacje umożliwiające komunikację ludzi i maszyn cyfrowych. Technika eyetrackingowa znajduje zastosowanie głównie w dwóch obszarach: w badaniu użyteczności oprogramowania użytkowego oraz witryn internetowych i projektowaniu urządzeń umożliwiających wzrokowe sterowanie urządzeniami wejścia-wyjścia lub aplikacji umożliwiających dialog (na przykład osób niepełnosprawnych) z komputerem za pośrednictwem ruchu gałek ocznych (również mru-

<sup>35</sup> B. Wąsikowska, dz. cyt., s. 185.

<sup>36</sup> M. Wedel, R. Pieters, *A review of eye-tracking research in marketing*, [w:] *Review of marketing research*, red. N.K. Malhotra, M.E. Sharpe, Inc., 2008, s. 123–147.

gnięć). Na podstawie wyników badań sformułowano szereg zaleceń dotyczących projektowania interfejsów; badania w tym zakresie przyczyniły się również do lepszego zrozumienia i interpretacji wskaźników okulograficznych. W szczególności ustalono, że liczba fiksacji jest ujemnie skorelowana z efektywnością wyszukiwania, a analiza ścieżek skanowania i prawdopodobieństwo przejścia między obszarami zainteresowania pozwala badać skuteczność układu elementów w interfejsie użytkownika<sup>37</sup>. Podejście interaktywne pozwoliło na zaprojektowanie prostych systemów, w których kierunek patrzenia zastępuje ruch kursora, po bardziej złożone, które umożliwiają pisanie bądź sterowanie urządzeniami lub programami<sup>38</sup>.

### 3. Interdyscyplinarne studenckie projekty badawcze

Studenci informatyki Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie mają możliwość realizowania projektów badawczych wykorzystujących technikę eyetrackingową w ramach autorskiego kursu „Badanie mediów z analizą danych statystycznych”. Dodatkowo organizowane są dla nich konkursy na interdyscyplinarne badania, których celem jest wskazanie możliwości prowadzenia badań integrujących wiedzę z różnych dziedzin nauki oraz zastosowania ich wyników w praktyce. Koncepcja kształcenia studentów opracowana przez A. Stolińską zakłada zapoznanie studentów z metodologią badań społecznych (technikami i narzędziami) i ich wykorzystaniem w badaniach interakcji człowiek–komputer. Model hybrydowy przewiduje stosowanie podczas realizacji zadania badawczego zróżnicowanych technik badawczych umożliwiających prowadzenie badań jakościowych i ilościowych – czyli przykładowo połączenie pogłębionych wywiadów z badaniami okulograficznymi. Studenci pracują metodą projektu w małych zespołach (trzyosobowych) i przechodzą przez wszystkie etapy procesu badawczego, wymagającego między innymi zapoznania się z aktualnym stanem wiedzy na temat opracowywanego zagadnienia, sformułowania problemów badawczych, celów, hipotez... Końcowym efektem pracy studentów są raporty z badań, przygotowywane zgodnie z określonymi przez wykładowcę zasadami. Ważnym elementem projektu badawczego jest wskazanie implementacji uzyskanych wyników badań, stąd studenci są zobowiązani do nawiązania współpracy z przedsiębiorcami, firmami z różnych branż lub organizacjami społecznymi czy instytucjami kultury. Taka organizacja pracy, wymagająca interdyscyplinar-

<sup>37</sup> R.J.K. Jacob, K.S. Karn, *Commentary on Section 4. Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises*, [w:] *The Mind's Eye. Cognitive and Applied Aspects of Eye Movement Research*, red. J. Hyönä, R. Radach i H. Deubel, Elsevier 2003, s. 573–605.

<sup>38</sup> T. Kryjak, J. Chodak, *Wykorzystanie efektu jasnej i ciemnej źrenicy w wizyjnym śledzeniu ruchu gałek ocznych*, „Automatyka” 2010, t. 14, z. 3/1, s. 315–329.

nego ujęcia problemu, porządkowania materiału, przygotowania zadania badawczego i jego realizacji, znakomicie wpisuje się w koncepcję kształcenia konstruktywistycznego.

Przykładem realizacji projektów badawczych w modelu hybrydowym jest praca zrealizowana przez studentów informatyki, specjalności *social media*, którzy zrealizowali projekt zatytułowany: „Wpływ reklam wizualnych na bezpieczeństwo ruchu drogowego”. Temat badań i jego wyniki były skonsultowane z ekspertami z branży ubezpieczeń komunikacyjnych. Na potrzeby badań studenci przygotowali siedem filmów, które przedstawiały ujęcie drogi z perspektywy kierowcy poruszającego się po ulicach miasta Krakowa. Filmy te były zróżnicowane pod względem czasu trwania, miejsca ich rejestracji, natężenia ruchu drogowego, szybkości samochodu oraz ilości i rodzajów reklam eksponowanych na trasie poruszającego się pojazdu. Przed pomiarem okulograficznym, podczas którego badani oglądali filmy, przeprowadzone były badania ankietowe, natomiast po badaniu – wywiady strukturalizowane. Wyniki badań, których celem było zdiagnozowanie, czy i w jakim stopniu reklamy wpływają na uwagę wizualną kierowców, pokazały między innymi, że reklamy po prawej stronie są lepiej zauważalne i zapamiętywane przez kierowców. W sytuacjach, w których natężenie reklam było podobne po lewej i prawej stronie, badani ponad dwukrotnie więcej czasu poświęcili szyldom i billboardom znajdującym się po stronie prawej niż tym po stronie lewej. Projekt został szczegółowo opisany w raporcie i tam można zapoznać się z obszernymi wynikami, a dodatkowo, jego krótszy opis zamieszczony jest w monografii naukowej<sup>39</sup>.

## Podsumowanie

W artykule omówiona została technika badawcza – eyetracking, która stanowi bardzo dobre uzupełnienie klasycznych metod badawczych, stosowanych w naukach społecznych i humanistycznych. Umiejętne korzystanie ze zróżnicowanych metod badawczych, organizacja badań, analiza uzyskanych wyników oraz wskazywanie możliwości ich wykorzystywania w praktyce włączone zostało w koncepcję kształcenia opracowaną w ramach kursu realizowanego na kierunku ścisłym i technicznym – informatyce. Takie połączenie umożliwia studentom eksplorację i dostrzeganie złożoności obserwowanych zjawisk oraz interdyscyplinarne i aplikacyjne nastawienie do procesu badawczego.

<sup>39</sup> W. Baran, D. Burakowski, M. Budyń, *Wpływ reklam wizualnych na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Badania eyetrackingowe i ich wykorzystanie w praktyce*, [w:] *Neuronauka i eyetracking. Badania i aplikacje*, red. W. Błasiak, Kraków 2016, s. 153–169.

## Bibliografia

- Adamczak N., Nagalewska A., Miśkowiak B., *Wybrane parametry układu wzrokowego u dzieci ze zdiagnozowaną dysleksją*, „Problemy Higieny i Epidemiologii” 2012, nr 93 (4).
- Andrzejewska M., Stolińska A., Błasiak W., Rosiek R., Rożek B., Sajka M., Wcisło D., *Eye-tracking verification of the strategy used to analyse algorithms expressed in a flowchart and pseudocode*, „Interactive Learning Environments” 2015; <http://dx.doi.org/10.1080/10494820.2015.1073746>.
- Andrzejewska M., Stolińska A., *Comparing the difficulty of tasks using eye tracking combined with subjective and behavioural criteria*, „Journal of Eye Movement Research” 2016, nr 9 (3); <http://dx.doi.org/10.16910/jemr.9.3.3>.
- Bałaj B., *Analiza i interpretacja ruchów oczu w skaningu wyobraźniowym*, „Studia z Psychologii w KUL”, t. 17, red. O. Gorbaniuk i in., Lublin 2011.
- Baran W., Burakowski D., Budyń M., *Wpływ reklam wizualnych na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Badania eyetrackingowe i ich wykorzystanie w praktyce*, [w:] *Neuronauka i eyetracking. Badania i aplikacje*, red. W. Błasiak, Kraków 2016.
- Biecek P., *Odkrywać! Ujawniać! Objasniać! Zbiór esejów o sztuce prezentowania danych*, Fundacja Naukowa SmarterPoland.pl, Warszawa 2014.
- Francuz P., *Imagia. W kierunku neurokognitywnej teorii obrazu*, <http://afterimagia.pl/book/okoruchowe-korelaty-piekna> [dostęp: 24.04.2016].
- Grobely J., Jach K., Kuliński M., Michalski R., *Śledzenie wzroku w badaniach jakości użytkowej oprogramowania. Historia i mierniki*, niepublikowany artykuł prezentowany na konferencji: „Interfejs użytkownika – Kansei w praktyce”, Warszawa 2006.
- Herej S., *Reakcja źrenicy jako wskaźnik przetwarzania informacji podczas wykonywania zadania emocjonalny n-back*, (praca magisterska napisana pod kierunkiem I. Krejtz), Szkoła Wyższa Psychologii Społecznej, Warszawa 2013.
- Hryniuk K., *Okulograficzne wsparcie badań nad procesem czytania*, „Lingwistyka Stosowana” 2011, nr 4.
- Juhász B.J., *Age-of-acquisition effects in word and picture processing*, „Psychological Bulletin” 2005, nr 131; <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.131.5.684>.
- Ledger H., *The effect cognitive load has on eye blinking*, „The Plymouth Student Scientist” 2013, nr 6 (1).
- Neumann D.L., Lipp O.V., *Spontaneous and reflexive eye activity measures of mental workload*, „Australian Journal of Psychology” 2002, nr 54 (3); <http://dx.doi.org/10.1080/00049530412331312764>.
- Neuro Device, <http://www.neurodevice.pl/pl/uslugi/eye-tracking> [dostęp: 24.04.2016].

- Nęcka E., Orzechowski J., Szymura B., *Psychologia poznawcza*, Warszawa 2006.
- Ober J., Dylak J., Gryncewicz W., E. Przedpelska-Ober, *Sakkadometria – nowe możliwości oceny stanu czynnościowego ośrodkowego układu nerwowego*, „Nauka” 2009, nr 4.
- Rayner K., Well A.D., *Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination*, „Psychonomic Bulletin & Review” 1996, nr 3; <http://dx.doi.org/10.3758/BF03214555>.
- Soluch P., Tarnowski A., *O metodologii badań eyetrackingowych*, „Lingwistyka Stosowana” 2013, nr 7.
- Steudel J., *Johannes Peter Müller*, <http://www.britannica.com/biography/Johannes-Peter-Muller> [dostęp: 24.04.2016].
- Strelau J., *Podstawy psychologii*, Gdańsk 2000.
- van Meeuwen L.W., Jarodzka H., Brand-Gruwel S., Kirschner P.A., de Bock J.J.P.R., van Merriënboer J.J.G., *Identification of effective visual problem solving strategies in a complex visual domain*, „Learning and Instruction” 2014, nr 32.
- Wade N.J., *Pioneers of eye movement research*, „Iperception” 2010, nr 1 (2); <http://dx.doi.org/10.1068/i0389>.
- Wąsikowska B., *Eye tracking w badaniach marketingowych*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego Studia Informatica” 2015, nr 36, s. 177–192.
- Wątróbski J., Witkowska K., *Wykorzystanie rozmytych map kognitywnych w modelowaniu przekazu interaktywnego*, „Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego Studia Informatica” 2015, nr 38.
- Wedel M., Pieters R., *A review of eye-tracking research in marketing*, [w:] *Review of marketing research*, red. N.K. Malhotra, M.E. Sharpe, Inc., New York 2008.
- Wójcik M., *Zaburzenia gałkoruchowe w drzeniu samoistnym*, (praca doktorska napisana pod kierunkiem A. Szczudlika), Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2011.

## **Eyetracking technology in students' research projects**

### **Summary**

Studies using tracking eye movements have been conducted over a hundred years. The ground-breaking research was conducted in the sixties of the last century by Russian scientist Alfred L. Yarbus (1967). The researcher described the connection between fixations and focused interest. He stated that the eye movement reflects the thought processes of a man. Nowadays linguists, psychologists, HCI specialists (human-computer interaction), and even teachers are interested in the eye tracking technology. Pioneering research directions have helped to broaden the academic scientist and teachers by widening teaching possibilities in the area of interdisciplinary studies, integrating knowledge of the humanities, sciences and social sciences.

This article presents the concept of students education at the Pedagogical University of Cracow. It puts places great emphasis on preparing students for conducting independent interdisciplinary research. The article discusses the usage of eye tracking technology and its integration with social research methods, as well as shortly presents a sample project carried out by students.

**Keywords:** eye tracking, data analysis, methods of research, higher education, interdisciplinary research.