

OLGA PILIPCZUK

Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania
Uniwersytet Szczeciński

Technologie eye-tracking w analizie danych medycznych

1. Wstęp

Eye-tracking (inaczej okulografia) jest techniką rejestracji aktywności wzrokowej za pomocą śledzenia ruchów gałek ocznych. Jej początki sięgają końca XIX w. Od tego czasu stworzono wiele metod i narzędzi umożliwiających obserwację aktywności wzrokowej, takich jak: zwykła bezpośrednia obserwacja, inwazyjne metody mechaniczne, badanie różnicy potencjałów elektrycznych pomiędzy dwiema stronami gałki ocznej. Dzisiaj jednak najpopularniejszą metodą jest rejestracja aktywności wzrokowej za pomocą urządzeń wideo zamontowanych na głowie człowieka i połączonych z komputerem, pozwalających na swobodne przemieszczanie się podczas badania. W metodzie tej najczęściej stosuje się kamery na podczerwień, ułatwiające identyfikację źrenicy oka oraz lokalizację odbicia rogówkowego. Wyniki obserwacji trafiają do komputera i zostają przetworzone za pomocą specjalistycznego oprogramowania znacznie ułatwiającego analizę danych.

Przez wiele lat technologie eye-trackingowe stosowano w różnych dziedzinach, zwłaszcza w takich, jak: psychologia, medycyna, ergonomia, marketing, nadzór drogowy. Obecnie technologie te są szeroko rozpowszechnione w neuronaukach, awiacji, inżynierii przemysłowej i informatyce.

W niniejszym artykule przedstawiono główne trendy w zastosowaniu technologii eye-trackingowych, nowoczesne rozwiązania leżące u ich podstaw oraz perspektywy dalszego rozwoju okulografii. Osobno uwagę poświęcono problemowi doboru systemów eye-trackingowych do realizacji określonych zadań. Ponadto opisano badania nad zastosowaniem okulografii do analizy danych medycznych, w tym wizualizacji kognitywnych.

2. Istota technologii eye-tracking (ET)

Ze względu na szybką i bezproblemową instalację, szybki rozwój urządzeń elektronicznych i optycznych, a także małą uciążliwość dla użytkowników, video eye-tracking zyskał największą popularność spośród metod okulografii. Mechanizm działania takich technologii jest następujący: dane są gromadzone za pomocą albo urządzenia zdalnego, albo urządzenia zamontowanego na głowie użytkownika i podłączonego do komputera. Chociaż istnieje wiele różnych typów urządzeń eye-trackingu, wszystkie mają dwa wspólne elementy – źródła światła i kamery. Źródło światła (zwykle na podczerwień) jest skierowane w stronę oka. Kamera śledzi odbicie źródła światła oraz obserwuje cechy źrenicy oka (np. częstotliwość migania, zmiany rozmiaru) w celu obliczenia obrotu oka oraz kierunku spojrzenia. Dane otrzymane w taki sposób są zapisywane w pliku kompatybilnym z oprogramowaniem analitycznym.

Proces przeprowadzenia badania za pomocą technologii ET jest dość skomplikowany, dlatego często zleca się go wyspecjalizowanym firmom. Badanie składa się z kilku etapów¹:

1. Ustalenia wstępne: definicja celu i wyników badań, przebiegu badania, wybór technologii ET. Na tym etapie bardzo ważna jest współpraca pomiędzy firmą a osobą albo organizacją zamawiającą badanie. Często najpierw przeprowadza się badanie próbne i wyznacza się grupę testową. Po zakończeniu planowania projekt badania zostaje przedłożony do zatwierdzenia klientowi. Jeśli zamawiający zatwierdza projekt, rozpoczyna się zbieranie danych.
2. Zbieranie danych. Proces zbierania danych powinien znajdować się pod ścisłą kontrolą firmy realizującej projekt. Każdy użytkownik powinien przejść szkolenie przed rozpoczęciem korzystania z urządzenia ET. Urządzenia ET powinny zostać poddane rygorystycznemu testowaniu w celu zapewnienia osiągnięcia najwyższych standardów dokładności.
3. Analiza danych. Po zakończeniu zbierania danych zaczyna się etap analizy. Najpierw dokonuje się przeglądu celów badania i ustala się, czy udało się w sposób najbardziej bezpośredni odpowiedzieć na wszystkie pytania klientów. Analityk dokonuje analizy agregacji i wizualizacji danych. Statystycy obliczają mierniki statystyczne. Moderatorzy podsumowują wszelkie jakościowe informacje zwrotne. Na końcu dokonuje się połączenia wszystkich analiz i tworzy się kompleksowy raport multimedialny za pomocą dostępnych

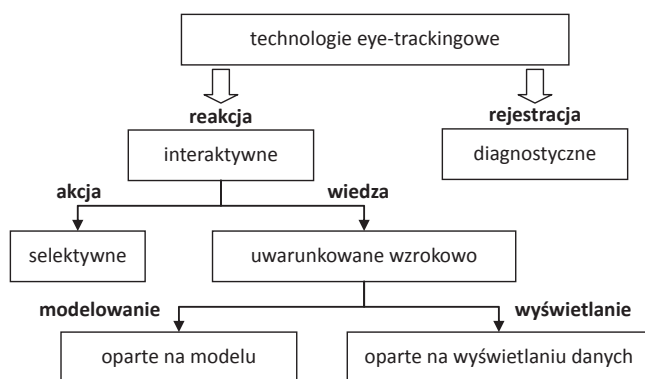
¹ <http://www.eyetracking.com/Capabilities/Process>.

wizualizacji eye-trackingowych, pliki wideo, analizy wywiadu oraz dokonuje się eksperckiej interpretacji wyników. Często zdarza się, że ostateczna interpretacja wyników leży po stronie zamawiającego.

3. Jak wybrać odpowiedni system ET?

Obecnie istnieje szeroka gama aplikacji eye-trackingowych. W celu doboru systemu odpowiedniego do potrzeb użytkownika stworzono ich klasyfikację² (rysunek 1). Przede wszystkim systemy te można podzielić na diagnostyczne i interaktywne. W swojej diagnostycznej roli eye-tracker dostarcza obiektywnych ilościowych dowodów koncentracji uwagi użytkownika na obiektach i procesach wizualnych. W tym przypadku ruchy oczu są zazwyczaj rejestrowane wyłącznie w celu ustalenia wzorców odzwierciedlających reakcję użytkownika na dany bodziec. Dlatego systemy diagnostyczne są zwykle reprezentowane przez urządzenia śledzenia ruchu oczu.

Interaktywny system w wyniku kontaktu z użytkownikiem odpowiada reakcją na ruch gałek ocznych. Systemy takie mogą należeć do aplikacji dwóch typów – selektywnych i uwarunkowanych wzrokowo.



Rysunek 1. Klasyfikacja technologii eye-trackingowych

Źródło: opracowanie na podstawie: A.T. Duchowski, *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*, Springer, Berlin 2007.

² A. Duchowski, *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*, wyd. 2, Springer, Berlin 2007.

Selektywne systemy traktują punkt koncentracji wzroku analogicznie do urządzenia wskazującego, takiego jak mysz, natomiast systemy uwarunkowane wzrokowo wykorzystują wiedzę o spojrzeniu użytkownika, aby ułatwić szybkie renderowanie skomplikowanych wyświetlaczy. Technologie uwarunkowane wzrokowo mogą zostać potraktowane w kategoriach przetwarzania obrazów i zaklasyfikowane do grupy opartych na modelu lub opartych na wyświetlaniu danych.

Obecnie na rynku jest dostępnych wiele systemów eye-trackingowych. Najbardziej popularnymi z nich są: ViewPoint EyeFrame Scene Camera (Arrington Research), TM4 (EyeTech DS), VT2 Mini (EyeTech DS) VT2 (EyeTech DS), Eye-Follower (LC Technologies), EyeGaze 600 Series (LC Technologies), S2 (Miramatrix), faceLAB 5 (Seeing Machines), RED 250/500 (Sensomotoric Instruments), SMI Eye Tracking Glasses (Sensomotoric Instruments), RED-m (Sensomotoric Instruments), EyeLink II (SR Research), EyeLink 1000 (SR Research), TX300 (Tobii Technology), X2-30/X2-60 (Tobii Technology), X60/X120 (Tobii Technology), T60/T120 (Tobii Technology), X1 (Tobii Technology)³. W tabeli 1 podano wybrane parametry tych systemów.

W ostatnich latach wprowadzono na rynek kilka nowych systemów ET. Na szczególną uwagę zasługują systemy niemieckich producentów – Interactive Minds⁴ i Ergoneers⁵. Pojawił się również jeden z najtańszych na rynku systemów – MyGaze (jego ceny zaczynają się już od 1000 EUR).

Tabela 1. Przegląd wybranych parametrów technologii ET

System	Typ urządzenia	Częstotliwość	Typ źrenicy	Binokular tracking	Dokładność	Swoboda poruszania głową	Analiza standardowa	Analiza kognitywna	Uwagi
X1	zdalny	28–32 Hz	jasna lub ciemna	tak	0,5	43,9x32 cm	tak	nie	USB 2,0, kompaktowy, mała waga
T60/T120	zdalny	60/120 Hz	jasna lub ciemna	tak	0,5	32x22,9 x30,5/ 30,5x22,9 x30,5	tak	nie	kamera wewnątrz monitora, kamera użytkownika

³ <http://www.eyetracking.com/Hardware/Eye-Trackers>.

⁴ S. Wiedemann, *Interactive Minds*, ICC 2013 Pre-Conference Workshop Eye Tracking: Why, When, and How, TU Dresden, 23–24 August 2013.

⁵ C. Lange, *Ergoneers*, ICC 2013 Pre-Conference Workshop Eye Tracking: Why, When, and How, TU Dresden, 23–24 August 2013.

System	Typ urządzenia	Częstotliwość	Typ źrenicy	Binokular tracking	Dokładność	Swoboda poruszania głową	Analiza standardowa	Analiza kognitywna	Uwagi
X60/X120	zdalny	60/120 Hz	jasna lub ciemna	tak	0,5	32x22,9 x30,5/30,5x22,9 x 30,5	tak	nie	bez monitora, możliwość testowania w pozycji stojącej
X2-30/X2-60	zdalny	30/60 Hz	jasna lub ciemna	tak	0,4	50,8x35,6	tak	nie	USB 2,0, przenośny
TX 300	zdalny	300 Hz	ciemna	tak	0,4-0,8	35,6x17,8	tak	tak	kamera użytkownika, opcje ustawienia częstotliwości
EyeLink 1000	zdalny, na głowie	1000/2000 Hz	ciemna, test CR	tylko dla urządzenia montowanego na głowie	+/- 0,25-0,5	22,1x18 x20,1	tak	nie	osiąga wysokie prędkości
EyeLink II	na głowie	250/500 Hz	ciemna, test CR	tak	+/- 0,25-0,5	w zależności od odległości ekranu	tak	tak	kamera montowana na głowie
Red-m	zdalny	60/120 Hz	ciemna	tak	0,5	32x21,1	tak	tak	USB 2,0, kompaktowy, mała waga
SMI ETG	okulary wideo	30 Hz	ciemna, test CR	tak, automatyczna korekcja paralaksy	0,5	-	tak	tak	kamera HD, rozdzielczość 1280 x 960
RED 250/500	zdalny	250/500 Hz	ciemna, test CR	tak	0,4	39,9x20,1	tak	tak	możliwość zmiany częstotliwości, monitor w zestawie
Face-Lab 5	zdalny	60 Hz	ciemna	tak	0,5-0,1	35,1x22,9 x59,9	tak	tak	bardzo elastyczny, różne obiektywy, możliwość śledzenie ruchów twarzy i głowy
S2	zdalny	60 Hz	jasna	tak	0,5-1,0	24,9x10,9 x30	tak	nie	USB 2,0, ultralekki
EyeGaze 600	zdalny	120 Hz	jasna	tak	0,4	5,1x7,6 x6,4	tak	nie	monitor w zestawie, możliwość konfiguracji kamer
EyeFollower	zdalny	120 Hz	jasna	tak	0,4	76,2x50,8 x61	tak	nie	wysoka mobilność, monitor w zestawie
VT2	zdalny	80+ Hz	ciemna	tak	0,5	33x16 x40,1	tak	nie	USB 2,0, możliwość ustawienia częstotliwości

System	Typ urządzenia	Częstotliwość	Typ źrenicy	Binokular tracking	Dokładność	Swoboda poruszania głową	Analiza standardowa	Analiza kognitywna	Uwagi
VT2 mini	zdalny	80+ Hz	ciemna	tak	0,5	33x16 x35,1	tak	nie	USB 2.0, możliwość ustawienia częstotliwości
TM 4	zdalny	30 Hz	ciemny	tak	0,5	24,9x14 x35,1	tak	nie	USB 2,0
View-Point	na głowie	30 lub 60 Hz	jasna lub ciemna	tak	0,3–1	bez ograniczeń	tak	nie	lekka, kamera montowana na głowie lub na stole

Źródło: opracowanie na podstawie: <http://www.eyetracking.com/Hardware/Eye-Tracker>.

Jak wynika z przedstawionej analizy, istnieje wiele różnych technologii ET. Wybór najlepszego systemu wymaga dogłębnego przemyślenia. Rozważając zakup, warto zorganizować wizytę w laboratorium badawczym, które wykorzystuje technologię ET, aby zobaczyć różne systemy w akcji, lub zasięgnąć opinii osób, które zdobyły doświadczenie w pracy z różnymi systemami. Należy również ocenić jakość wsparcia oferowanego przez producenta oraz – jeśli to możliwe – wziąć udział w eksperymentach badawczych lub w inny sposób uzyskać bezpośrednie doświadczenie, pomoże to bowiem określić zalety i wady różnych systemów. Warto zwrócić uwagę również na opisane poniżej parametry⁶:

1. Dokładność – podstawowymi parametrami systemu ET są rozdzielczość i dokładność informacji niezbędnych do udzielenia odpowiedzi na postawione pytania badawcze, np. określenie, które zdjęcie zostało wybrane spośród zestawu zdjęć, lub identyfikacja kierunku spojrzenia wzroku skierowanego na litery w słowach. Przy wyborze systemu ET powinna być również uwzględniona dokładność czasowa. Parametr ten jest szczególnie ważny w przypadku badania bardzo szybkich procesów, np. jeśli śledzimy ruch oczu pilota samolotu lub kierowcy rajdowego. Ważne też są parametry wyświetlania monitora, w szczególności częstotliwość odświeżania, płaskość i wymiary powinny być odpowiednie dla systemu ET.
2. Użytkownik – ważne jest, aby wziąć pod uwagę wymagania systemu w stosunku do potrzeb użytkowników. Na przykład niektóre systemy wymagają stałej pozycji głowy w celu oddzielenia ruchów oczu od ruchów głowy, aby uzyskać wyniki o wysokiej dokładności przestrzennej. Systemy takie są odpowiednie dla młodych, zdrowych dorosłych, którzy będą tolerowali

⁶ B. Hallowell, C. Lansing, *Tracking Eye Movements to Study Cognition and Communication*, „The ASHA Leader” 2004, vol. 9 (21), s. 22–25.

te ograniczenia, i nie mogą być wykorzystane w przypadku osób z upośledzeniem fizycznym lub poznawczym, a także bardzo aktywnych dzieci. W rzeczywistości zbieranie danych może być trudne do realizacji w każdym systemie, jeśli użytkownicy mają problemy z koordynacją ruchów oczu, wzmożone miganie, nieregularne lub nieskoordynowane ruchy oczu.

3. Rodzaj odpowiedzi – ważne jest również to, aby wziąć pod uwagę rodzaj odpowiedzi, który jest wymagany od uczestników w trakcie zbierania danych. Jeśli uczestnicy są zobowiązani mówić i pisać, system musi pozwalać na wykonanie tych ruchów i jednocześnie być zdolny do śledzenia pozycji głowy. Jeśli użytkownik udziela odpowiedzi z klawiatury i musi odwrócić wzrok od ekranu, należy upewnić się, że kamera nie blokuje pola widzenia i nie powstały zakłócenia podczas monitorowania oczu.
4. Warunki – ograniczenia nakładają na technologie ET również warunki, w których odbywają się badania. Na przykład urządzenia zamontowane na głowie podczas badania rezonansem magnetycznym powinny zawierać jak najmniej metalu.
5. Swoboda poruszania się – należy wziąć pod uwagę wymagany zakres ruchu. Jeśli operacje obejmują manipulowanie przedmiotami, chodzenie, mówienie czy pisanie w środowisku wirtualnym lub w świecie rzeczywistym, należy wybrać zdalne systemy ET, przy czym bardzo prawdopodobne jest to, że dokładność pomiaru może zostać zmniejszona.
6. Instalacja urządzeń – technologie eye-trackingowe różnią się czasem potrzebnym do ustawienia i regulacji sprzętu. Jeśli technologia wymaga montażu urządzenia na głowie, to zwiększa to czas jego ogólnej konfiguracji. Często badacze wybierają krzesła, których wysokość może być regulowana stosownie do wysokości ekranu lub użytkownika. Jeśli wymagana jest mobilność, to system można zainstalować na wózku, który może być przewożony do różnych obszarów laboratorium. Niektóre systemy działają najlepiej w specjalnych warunkach oświetleniowych, więc muszą być wzięte pod uwagę poziomy luminancji. Zwykle żarówki zawierają pewne elementy podczerwieni, co może pogorszyć dokładność badania.
7. Koszt – koszt systemu nie zawsze jest dobrym wskaźnikiem tego, czy będzie on odpowiadał potrzebom użytkownika. Najbardziej kosztowne systemy mogą oferować wysoką czasową i przestrzenną dokładność, ale jednocześnie wymagać unieruchomienia głowy, co może być niepożądane w przypadku konkretnego zastosowania. Koszt systemu ET może wahać się od 1000 USD do 100 000 USD.

8. Oprogramowanie – jest bardzo mało prawdopodobne, że system zakupiony od producenta będzie zawierać oprogramowanie potrzebne do przeprowadzenia określonego rodzaju badań. W chwili obecnej nie istnieją optymalne rozwiązania dopasowane bezpośrednio do konkretnego rodzaju badania. Dlatego należy ocenić jakość poziomu wsparcia oferowanego przez producenta, a także zasoby dostępne do przeprogramowania. Niektóre systemy i firmy umożliwiają wprowadzenie modyfikacji do standardowego pakietu oprogramowania, a producenci zapewniają bogate biblioteki programistyczne specyficzne dla systemu. Niektóre systemy są kompatybilne z innymi programami do analizy danych, inne są specyficzne dla poszczególnych platform. Wykorzystywanie zaawansowanych operacji podczas badania – takich jak mowa, naciśnięcie przycisków lub użycie środków elektrofizjologicznych – wymaga zastosowania niestandardowych programów i sprzętu, co potęguje złożoność systemu.

4. Zastosowanie technologii ET w badaniach medycznych

W ostatnich latach zastosowanie technologii ET dało mocny impuls do rozwoju wielu dziedzin medycyny, są to:

- neuropsychiatria/neurokognitywistyka,
- badania okulistyczne,
- badania analizujące proces czytania,
- badania psychologiczne (np. psychologia rozwojowa i badania psycholingwistyczne),
- analizowanie paradygmatów dotyczących widzenia,
- ocena chirurgów podczas rzeczywistych i symulowanych operacji,
- badania wizualne zachowania w populacji osób z zaburzeniami rozwojowymi,
- zabiegi laparaskopowe,
- ułatwienie nauki i komunikacji osobom niepełnosprawnym itd.

Eye-tracking jest techniką, za pomocą której osoby sparaliżowane mają możliwość swobodnego kontaktowania się ze światem zewnętrznym. Technologie te oferują wsparcie osobom niepełnosprawnym przez rozpoznanie poleceń wydawanych za pomocą wzroku: osób z zaburzeniami neurologicznymi, jak i osób z udarem mózgu, urazami mechanicznymi w obrębie głowy, szyi, tuł-

wia i kończyn, które często zachowują poprawnie kontrolowaną aktywność wzrokową⁷.

W 2011 r. stworzono pierwszy tablet, który pomaga osobom niepełnosprawnym w kontaktach z otoczeniem. Powstał on w wyniku realizacji projektu inżynierskiego pod nadzorem EyeTech Digital Systems. Kilka zespołów naukowych posunęło się dalej w projektowaniu narzędzi ułatwiających funkcjonowanie osób niepełnosprawnych. J. Lorenceau z francuskiego Université Pierre et Marie Curie wraz ze swoim zespołem pracuje nad urządzeniem, które pozwala nie tylko na obsługę komputera za pomocą ruchów gałek ocznych, ale również na pisanie i rysowanie. „Wall Street Journal” podaje, że pierwsze efekty prac są niezwykle obiecujące. Dla osób całkowicie sparaliżowanych to zdecydowanie więcej, niż oferowały dotychczasowe urządzenia⁸.

Wizualna orientacja na podstawie ruchu oczu lekarzy ekspertów jest cennym sposobem na poprawę zdolności percepcyjnych w diagnostyce medycznej. Nagrania procesu stawiania diagnozy przez lekarzy ekspertów były wykorzystywane do tworzenia filmów instruktażowych przy użyciu specjalnych form wizualnej orientacji w celu przekazania wiedzy i umiejętności lekarzy studentom medycyny. Umiejętności percepcyjne pozwalają lekarzom odróżnić istotne i nieistotne informacje podczas diagnozowania chorób. Do takiego wniosku doszli studenci medycyny, diagnozując napady padaczkowe i odróżniając je od normalnego zachowania dzieci⁹.

Ciekawym rodzajem zastosowania technologii ET jest diagnozowanie ADHD u dzieci w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym. W chwili obecnej trwają badania nad oceną metody diagnostycznej opartej na badaniu profilu ruchu gałek ocznych oraz sprawdzeniem, czy ET może być obiektywnym i wartościowym narzędziem wspierającym diagnozę kliniczną ADHD, pozwalającą na postawienie lub wykluczenie takiego rozpoznania¹⁰.

Od niedawna technologie ET wykorzystuje się nie tylko do przeprowadzenia badań nad pacjentami, ale również do badania zachowań personelu medycznego. Dyrektor chirurgii laparoskopowej z Long Island Jewish Hospital, dostrze-

⁷ V. Raudonis, R. Simutis, G. Narvydas, *Discrete eye tracking for medical applications*, 2nd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, 2009, s. 1–6.

⁸ A. Kukwa, *Okulografia wspiera nowe technologie*, <http://www.spidersweb.pl/2012/10/okulografia-wspiera-nowe-technologie.html>.

⁹ http://www.smivision.com/fileadmin/user_upload/downloads/case_studies/cs_smi_medicaldiagnosis.pdf.

¹⁰ A. Orylska, *Zastosowanie badań okulograficznych w diagnozowaniu ADHD u dzieci w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym*, „Studia Psychologiczne” 2012 (w druku).

gając potrzebę sprawdzenia powszechnie stosowanych subiektywnych miar umiejętności chirurgicznych, przeprowadził badanie za pomocą technologii ET, w którym uczestniczyli chirurdzy o różnym stopniu wiedzy¹¹. Otrzymane wyniki sugerują, że umiejętności chirurgiczne mogą być oceniane w sposób obiektywny i niezawodny przy użyciu technologii ET. Został opracowany i opatentowany indeks ICA (*Index of Cognitive Activity*), który stał się wyznacznikiem obiektywnej miary oceny umiejętności chirurgów. Indeks ten obecnie wykorzystuje się nie tylko podczas treningów i szkoleń młodej kadry, ale również w celu podwyższenia kwalifikacji pracowników z wieloletnim stażem.

Z przytoczonych powyżej przykładów można wywnioskować, że monitorowanie ruchów gałek ocznych stanowi podstawę analizy zachowań wizualnych oraz rozwiązywania zadań poznawczych, takich jak słuchanie i rozumienie mowy, pisanie lub komunikacja niewerbalnej. Dla osób z zaburzeniami funkcji poznawczych analiza ruchu oczu może dostarczyć odpowiedzi nielingwistycznych, które mogą być użyte do oceny procesów poznania i zrozumienia.

5. ET w analizie procesów kognitywnych

Eye-tracking z powodzeniem stosuje się w wielu dziedzinach nauki do analizy wizualnych zachowań dotyczących rozwiązania zadań kognitywnych. Jako przykład mogą służyć: czytanie, pilotowanie samolotów, gra w szachy, oglądanie sztuki, prowadzenie samochodu, projektowanie strony internetowej. Stworzenie wzorców aktywności wzrokowej może pomóc odpowiedzieć na pytania dotyczące procesów wizualnych, koncentracji uwagi, przetwarzania informacji wizualnej oraz tego, w jaki sposób mózg steruje wzrokiem, aby umożliwić wybranie, wyeksponowanie i używanie informacji wizualnej.

Ruchy oczu odzwierciedlają zarówno właściwości wizualne świata, jak i procesy myślowe człowieka, balansując pomiędzy jego percepcją a poznaniem¹². Ruchy oczu mogą dostarczyć naukowcom źródła danych dotyczące dynamiki procesów psychologicznych, które doprowadziły do podania odpowiedzi, wykonania działania lub podjęcia decyzji.

Ze względu na coraz większą ilość zgromadzonych i przetwarzanych informacji ludzie często odczuwają wysokie obciążenie poznawcze przy podejmowaniu

¹¹ <http://www.eyetracking.com/Case-Studies/Scientific-Application>.

¹² B. Hallowell, C. Lansing, op.cit., s. 22–25.

decyzji¹³. Zrozumienie reakcji użytkownika na duże obciążenie poznawcze może zatem pomóc poprawić zdolność użytkownika do dokonywania dobrych jakościowo decyzji. Wielu ekspertów sugeruje, że ET może dostarczyć pełniejszego obrazu reakcji użytkowników w takich warunkach, a także że istnieje zależność pomiędzy fiksacją spojrzenia, percepcją obciążenia kognitywnego a prezentacją oraz że na podstawie fiksacji można przewidzieć przebieg procesu kognitywnego i stworzyć odpowiednią prezentację wizualną.

Związek pomiędzy obciążeniem poznawczym a wydajnością zaobserwowano w wielu różnych badaniach¹⁴. Badania te pokazują, że obciążenie poznawcze może mieć znaczący wpływ na wydajność jednostki oraz że może również wpływać na ruch gałek oczu¹⁵. Do oceny subiektywnego obciążenia poznawczego obecnie wykorzystuje się indeks opracowany przez NASA (*NASA Task Load Index*), który został sprawdzony podczas przeprowadzania licznych eksperymentów badawczych¹⁶. Do oceny aktywności poznawczej stosuje się natomiast indeks ICA.

Ze względu na udowodnioną zależność pomiędzy procesami poznawczymi, aktywnością wzrokową oraz prezentacją wizualną nasuwa się wniosek, że technologie ET można skutecznie zastosować podczas projektowania i analizy wizualizacji kognitywnych.

Dzisiaj wizualizacje kognitywne często stosuje się w diagnostyce medycznej. Na przykład na jednym z uniwersytetów medycznych stworzono system do

¹³ S. Djamasbi, A. Samani, D. Mehta, *Eye movements, perceptions, and performance*, Proceedings of the eighteenth Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Seattle–Washington, August 2012, s. 1–7.

¹⁴ H. Schroder, M. Driver, S. Streufert, *Human information processing*, Holt, Rinehart and Winston, New York 1967, s. 54–61; R. Luce, *Response times: their role in inferring elementary mental organization*, Oxford University Press, New York 1986; J. Payne, J. Bettman, E. Johnson, *Adaptive strategy selection in decision making*, „Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition” 1988, vol. 14, no. 3, s. 534–552; S. Rubio, E. Díaz, J. Martín, J. Puente, *Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA TLX, and Workload Profile Methods*, „Applied Psychology” 2004, vol. 53(1), s. 61–86.

¹⁵ C. Ikehara, M. Crosby, *Assessing cognitive load with physiological sensors*, Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2005, s. 295; S. Djamasbi, M. Siegel, T. Tullis, *Generation Y, web design, and eye tracking*, „International Journal of Human-Computer Studies” 2010, vol. 68(5), s. 307–323; S. Djamasbi, M. Siegel, J. Skorkinko, T. Tullis, *Online Viewing and Aesthetic Preferences of Generation Y and the Baby Boom Generation: Testing User Web Site Experience Through Eye Tracking*, „International Journal of Electronic Commerce” 2011, vol. 15(4), s. 121–158.

¹⁶ S. Rubio, E. Díaz, J. Martín, J. Puente, op.cit.; T. Lin, A. Imamiya, *Evaluating usability based on multimodal information: an empirical study*, Proceedings of the 8th international conference on multimodal interfaces, 2006, s. 364–371.

diagnozowania astmy, który pozwala nie tylko śledzić zmianę parametrów stanu organizmu za pomocą spektrum barw, ale również za pomocą obrazu w kształcie gwiazdy kontrolować odchylenie parametrów od normy¹⁷. Taki obraz kognitywny pozwala lekarzowi w kilka sekund ocenić ogólny stan pacjenta i podjąć natychmiastowe działania. Chociaż dzisiaj w praktyce stosuje się wiele obrazów kognitywnych, mechanizmy ich działania nadal nie są do końca wyjaśnione. Wiadomo tylko, że znacznie ułatwiają i przyspieszają proces podejmowania poprawnych decyzji¹⁸.

Najważniejsze pytania, które nadal pozostają otwarte, to m.in.:

- Czy użytkownik korzysta z informacji kontekstowych?¹⁹
- Czy użytkownik musi znaleźć jedną informację przed tym jak skorzysta z kolejnych?²⁰
- W jakim stopniu obraz odzwierciedla różne cechy obiektu i w jaki sposób wpływa na nie?
- W jakim momencie zapada decyzja?
- Ile informacji obrazowej potrzebuje konkretna osoba, aby podjąć decyzję?

Innymi słowy: technologia ET pomaga zrozumieć, czy opracowana wizualizacja kognitywna jest skuteczna, czy nie i dlaczego.

6. Podsumowanie

Niewątpliwym jest korzystny efekt zastosowania technologii ET w codziennym życiu człowieka. W badaniach medycznych natomiast technologie te często stają się jedynym pomocnym rozwiązaniem nie tylko dla pacjentów, ale również dla lekarzy. Chociaż obecne na rynku aplikacje są jeszcze w stadium rozwoju, w ostatnich latach poczyniono znaczne postępy w kierunku ich doskonalenia,

¹⁷ O. Pilipczuk, D. Shamroni, *Podstawowe aspekty tworzenia systemów grafiki kognitywnej*, „Problemy Zarządzania” 2012, t. 10(3), s. 248–261.

¹⁸ O. Pilipczuk, *Zastosowanie wizualizacji kognitywnych w podejmowaniu decyzji biznesowych*, w: *Wiedza i technologie informacyjne: nowe trendy badań i aplikacji*, red. T. Turek, D. Jelonek, WWZPCz, Częstochowa 2013, s. 86–101; O. Pilipczuk, D. Eidenzon, *The application of cognitive computer graphics to economic data exploration*, „Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems” 2013, vol. 7(3), s. 3–9.

¹⁹ M. Hodgson, A. Griffin, *A Cognitive Perspective on the Order of Identifying Land Use/Cover Classes During Aerial Image Interpretation*, ICC 2013 Pre-Conference Workshop Eye Tracking: Why, When, and How, TU Dresden, 23–24 August 2013.

²⁰ S. Rubio, E. Díaz, J. Martín, J. Puente, op.cit.

zwłaszcza dotyczy to wprowadzenia modułów analizy kognitywnej do struktury systemu. W obszarze kognitywnym wiele pytań pozostaje jeszcze otwartych, jednak rozpowszechnienie koncepcji grafiki kognitywnej znacznie ułatwia wyszukiwanie odpowiedzi na te najbardziej nurtujące z nich.

Bibliografia

1. Djasmasbi S., Samani A., Mehta D., *Eye movements, perceptions, and performance*, Proceedings of the eighteenth Americas Conference on Information Systems, Seattle–Washington, August 2012.
2. Djasmasbi S., Siegel M., Skorinko J., Tullis T., *Online Viewing and Aesthetic Preferences of Generation Y and the Baby Boom Generation: Testing User Web Site Experience Through Eye Tracking*, „International Journal of Electronic Commerce” 2011, vol. 15(4).
3. Djasmasbi S., Siegel M., Tullis, T., *Generation Y, web design, and eye tracking*, „International Journal of Human-Computer Studies” 2010, vol. 68(5).
4. Djasmasbi S., Tulu B., Loiacono E., Whitefleet-Smith J.A., *Can a Reasonable Time Limit Improve the Effective Usage of a Computerized Decision Aid?*, „Communications of the Association for Information Systems” 2008, vol. 23 (22).
5. Duchowski A.T., *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*, Springer, Berlin 2007.
6. Hollowell B., Lansing C.R., *Tracking Eye Movements to Study Cognition and Communication*, „The ASHA Leader” 2004, vol. 9 (21).
7. Hodgson M., Griffin A.L., *A Cognitive Perspective on the Order of Identifying Land Use/Cover Classes During Aerial Image Interpretation*, ICC 2013 Pre-Conference Workshop Eye Tracking: Why, When, and How, TU Dresden, 23–24 August 2013.
8. Hutton S., *SR Research*, ICC 2013 Pre-Conference Workshop Eye Tracking: Why, When, and How, TU Dresden, 23–24 August 2013.
9. Ikehara C.S., Crosby M.E., *Assessing cognitive load with physiological sensors*, Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2005.
10. Lange C., *Ergoneers*, ICC 2013 Pre-Conference Workshop Eye Tracking: Why, When, and How?, TU Dresden, 23–24 August 2013.
11. Lin T., Imamiya A., *Evaluating usability based on multimodal information: an empirical study*, Proceedings of the 8th International Conference on Multimodal Interfaces, Alberta 2006.
12. Luce R.D., *Response times: their role in inferring elementary mental organization*, Oxford University Press, New York 1986.

13. Orylska A., *Zastosowanie badań okulograficznych w diagnozowaniu ADHD u dzieci w wieku przedszkolnym i wczesnoszkolnym*, „Studia Psychologiczne” 2012 (w druku).
14. Payne J.W., Bettman J.R., Johnson E.J., *Adaptive strategy selection in decision making*, „Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition” 1988, vol. 14(3).
15. Pilipczuk O., *Zastosowanie wizualizacji kognitywnych w podejmowaniu decyzji biznesowych*, w: *Wiedza i technologie informacyjne: nowe trendy badań i aplikacji*, red. T. Turek, D. Jelonek, WWZPCz, Częstochowa 2013.
16. Pilipczuk O., Eidenzon D., *The application of cognitive computer graphics to economic data exploration*, „Journal of Automation, Mobile Robotics & Intelligent Systems” 2013, vol. 7(3).
17. Pilipczuk O., Shamroni D., *Podstawowe aspekty tworzenia systemów grafiki kognitywnej*, „Problemy Zarządzania” 2012, t. 10(3).
18. Rayner K., *Eye movements in reading and information processing: 20 years of research*, „Psychological Bulletin” 1998, vol. 124(3).
19. Reuter P., *Tobii Eye Tracking Research*, ICC 2013 Pre-Conference Workshop Eye Tracking: Why, When, and How, TU Dresden, 23–24 August 2013.
20. Richardson D.C., Johnson S.P., *Eye tracking research in infants and adults*, 30th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Washington DC 2008.
21. Rubio S., Díaz E., Martín J., Puente J.M., *Evaluation of Subjective Mental Workload: A Comparison of SWAT, NASA-TLX, and Workload Profile Methods*, „Applied Psychology” 2004, vol. 53(1).
22. Schroder H.M., Driver M.J., Streufert S., *Human information processing*, Holt, Rinehart and Winston, New York 1967.
23. van Cauwenberg G., *SensoMotoric Instruments (SMI)*, ICC 2013 Pre-Conference Workshop Eye Tracking: Why, When, and How, TU Dresden, 23–24 August 2013.
24. Wiedemann S., *Interactive Minds*, ICC 2013 Pre-Conference Workshop Eye Tracking: Why, When, and How?, TU Dresden, 23–24 August 2013.

Źródła sieciowe

1. http://www.smivision.com/fileadmin/user_upload/downloads/case_studies/cs_smi_medicaldiagnosis.pdf.
2. <http://www.spidersweb.pl/2012/10/okulografia-wspiera-nowe-technologie.html>.
3. Kukwa A., *Okulografia wspiera nowe technologie*, <http://www.eyetracking.com/Hardware/Eye-Trackers>.

* * *

Eye tracking technologies in medical data analysis

Summary

The paper presents the main trends in the eye tracking technology, innovative solutions underlying them, and the prospects for their further development. Special attention is paid to the problem of selecting eye tracking systems to carry out specific tasks. In addition, some research on the use of eye tracking technologies in medical data analysis, including cognitive visualization, is described.

Keywords: eye tracking, technologies, medical data, cognitive process, cognitive visualisation