

**Bożena ROŻEK, Władysław BŁASIAK, Magdalena ANDRZEJEWSKA,
Małgorzata GODLEWSKA, Paweł KOZUBOWSKI, Roman ROSIEK,
Mirosława SAJKA, Anna STOLIŃSKA, Dariusz WCISŁO**
Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie, Polska

Neurodydaktyczne aspekty procesu rozwiązywania testowego zadania matematycznego na podstawie badań eyetrackingowych

Wstęp

Współcześnie dzięki różnego typu urządzeniom obrazującym pracę mózgu możliwe jest formułowanie nowych poglądów na uczenie się, pamięć, znaczenie emocji i motywacji do nauki. Neurodydaktyka jako interdyscyplinarna dyscyplina ma na celu tworzenie przyjaznego mózgowi systemu edukacyjnego, w którym możliwe będzie wykorzystanie jego naturalnego potencjału funkcjonowania. Bardzo istotne staje się „staranie o poprawę poziomu prowadzenia procesu wychowawczo-dydaktycznego, w którym byłaby bardziej doceniana wiedza wynikająca z prowadzonych badań mózgu” [Petlak, Zajcová 2010: 14].

W niniejszym artykule zostanie zaprezentowana pod kątem głębokości przetwarzania informacji analiza danych empirycznych uzyskanych przy użyciu eyetrackera podczas rozwiązywania przez gimnazjalistów pewnego testowego zadania matematycznego.

Badania eyetrackingowe w zakresie edukacji

Aktualne badania eyetrackingowe wskazują, iż za pomocą pomiarów parametrów ruchu i reakcji oczu można wnioskować o zachodzących procesach emocjonalnych i poznawczych u człowieka i pośrednio badać działanie mózgu. Okulografia jako metoda nieinwazyjna znajduje coraz więcej zwolenników do wykorzystywania jej w celu badania szeroko rozumianego procesu uczenia się i adaptowania ich wyników w procesie pedagogiczno-dydaktycznym.

Szerokie możliwości eksperymentalne przy zastosowaniu eyetrackera w zakresie edukacji są dyskutowane przez licznych autorów. Podjęto próby wyjaśniania przyczyn podejmowanych błędnych wyborów podczas rozwiązywania zadań fizycznych [Wcisło i in. 2014]. Poprzez monitorowanie zmian szerokości średnicy źrenicy uzyskano informacje na temat subiektywnej oceny stopnia trudności rozwiązywanych zadań z zakresu nauk ścisłych [Rosiek, Sajka 2014]. Analizowano wpływ wiedzy potocznej oraz wiedzy szkolnej na poprawność rozwiązywania zadania dotyczącego pojęcia funkcji [Sajka, Rosiek 2014]. Po-

przez badanie zależności sakkadycznych ruchów gałki ocznej podczas rozwiązywania zadań tekstowych znaleziono istotne różnice w ścieżkach skanowania wzrokowego pomiędzy ekspertami a nowicjuszami [Stolińska i in. 2014]. Omówiono proces rozwiązywania testowego zadania matematycznego jednokrotnego wyboru, w którym znaczna część istotnych warunków zadania zawarta była na rysunku [Rożek 2014].

Metodologia badań

Celem badań było poszukiwanie parametrów eyetrackingowych, które charakteryzowałyby głębokość przetwarzania informacji przez ucznia podczas rozwiązywania testowego zadania matematycznego wielokrotnego wyboru. Badania zostały przeprowadzone pod kierunkiem prof. W. Błasiaka w ramach prac Grupy Badawczej Dydaktyki Kognitywnej Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie. Rejestracja ruchu gałki ocznej odbywała się za pomocą eyetrackera SMI oraz oprogramowania iViewX™Hi-Speed500/1250, strumień danych rejestrowany był z rozdzielczością czasową 500 Hz, a analiza uzyskanych danych odbyła się z użyciem oprogramowania BeGaze.

W badaniu wzięto udział 53 uczniów krakowskich gimnazjów, wśród których było 18 laureatów konkursów fizycznych. Badanie składało się z trzech etapów: w I i III etapie uczniowie wypełniali ankietę, w II rozwiązywali serię zadań z zakresu fizyki, matematyki, informatyki i biologii – ten etap badań był rejestrowany eyetrackerem.

W artykule zostanie omówione jedno z zadań matematycznych¹, którego slajd ukazujący się badanym na monitorze komputera był następujący (rys. 1):

Wskaż wszystkie poprawne odpowiedzi do zadania.
Może być więcej niż jedna poprawna odpowiedź.

Kolejne figury zbudowano z zapalek zgodnie z pewną regułą.

Z ilu zapalek będzie zbudowana **siódma** figura?

A. $2 \cdot 7 + 7$ B. 22 C. 16 D. $2 \cdot 7 + 8$

Rys. 1

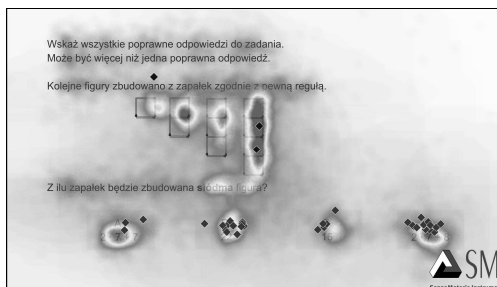
Badani podczas wyboru odpowiedzi nie mieli możliwości wykonywania pisemnych obliczeń oraz rysowania. Ich zadaniem było poprzez analizę wzrokową

¹ Pełne zadanie badawcze składało się z dwóch części, w drugiej części, która nie będzie tu analizowana, pytano badanych z ilu zapalek złożona będzie dziesiąta figura.

treści zadania i rysunku wskazanie za pomocą kliknięcia myszką odpowiedzi uznanych przez nich za poprawne.

Wyniki i analiza badań

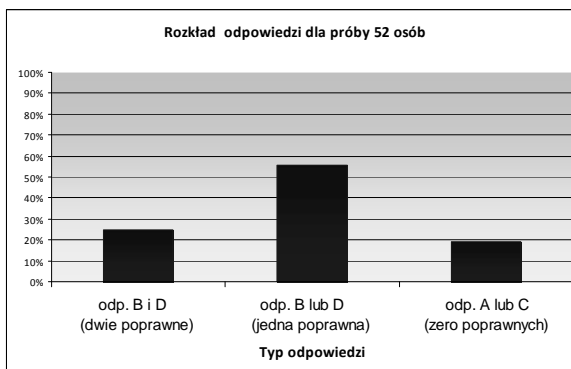
Mapę cieplną dla wszystkich badanych przedstawia rys. 2.



Rys. 2

Z mapy cieplnej możemy jednoznacznie odczytać, iż uczniowie, rozwiązując prezentowane im zadanie, najwięcej uwagi wzrokowej poświęcili na analizę rysunku, na którym zawarta była znaczna część informacji zadaniowej. Głęboko były przetwarzane także proponowane odpowiedzi do zadania umieszczone w podpunktach od A do E. W analizie treści tekstowej zadania szczególną uwagę badanych przykuło słowo „siódma” – istotny warunek zadaniowy.

Procentowe zestawienie rodzaju udzielonej odpowiedzi przez badanych przedstawia rys. 3.



Rys. 3

Z rys. 3 można odczytać, że 25% osób podało poprawne rozwiązanie zadania, wskazując odpowiedź B i D, ok. 55% wskazało jedną z tych odpowiedzi, a ok. 20% nie wskazało żadnej poprawnej odpowiedzi. Istotny jest fakt, iż wśród

błędnych odpowiedzi prawie wszystkie to odpowiedź C, czyli liczba zapalek kolejnej, piątej figury. Wskazuje to na fakt, iż badani starali się odkryć pewne regularności powstawania figur, jednak nie uświadomili sobie istotnego warunku zadania – wskazania liczby zapalek siódmej figury.

Analizie poddano różnego rodzaju parametry okulograficzne zarejestrowane przez *eye-tracking*. W tym celu zdefiniowano obszary zainteresowań AOI (tabela 1) oraz przeanalizowano wyniki dwóch grup:

- **grupy poprawnych odpowiedzi**, czyli wyniki grupy osób wskazujących wszystkie poprawne odpowiedzi: B i D,
- **grupy błędnych odpowiedzi**, czyli wyniki grupy osób wskazujących odpowiedzi błędne: A lub C.

W tabeli 1 na podstawie wygenerowanych danych statystycznych w postaci KPI (*Key Performance Indicators*) zestawiono dane dotyczące *dwell time*, które pozwoliły scharakteryzować proces przetwarzania informacji zadaniowych przez wyróżnione grupy uczniów.

Tabela 1

Zdefiniowane AOI (<i>Areas of Interest</i>)	Grupa poprawnych odpowiedzi (B i D)		Grupa błędnych odpowiedzi (A lub C)	
	<i>dwell time</i> (%)	<i>dwell time</i> (s)	<i>dwell time</i> (%)	<i>dwell time</i> (s)
AOI 01 – Tekst wstępny	6,70	5,4	10,40	5,1
AOI 02 – Tekst zadania	4,30	3,8	5,70	2,8
AOI 03 – Rys. nr 1	3,10	2,4	2,30	1,1
AOI 04 – Rys. nr 2	8,90	7,2	7,70	3,6
AOI 05 – Rys. nr 3	9,40	7,8	10,60	10,5
AOI 06 – Rys. nr 4	20,30	17,4	21,80	10,6
AOI 07 – Miejsce na rys. 5	0,40	0,3	0,90	0,4
AOI 08 – Miejsce na rys. 6	0,10	0,1	0,00	0,0
AOI 09 – Pytanie do zadania	6,00	10,2	5,70	2,6
AOI 10 – Odp. A	5,70	4,7	7,00	3,6
AOI 11 – Odp. B	2,90	2,4	2,40	1,2
AOI 12 – Odp. C	2,30	1,9	3,40	1,6
AOI 13 – Odp. D	9,20	7,4	3,10	1,5

Z tabeli 1 wynika, że badani pierwszej grupy poświęcili na analizę wyróżnionych obszarów AOI aż 71 s, a badani grupy drugiej – tylko 44,6 s. Można więc powiedzieć, że dłuższy czas przetwarzania danych zawartych w zadaniu sprzyja podaniu poprawnej odpowiedzi.

Bardziej interesujące wnioski można wyciągnąć, porównując zachowania obu grup w zakresie pewnych grup rozważanych obszarów. Otóż na analizę obszarów związanych z treścią zadania (AOI 01, AOI 02, AOI 09) „Grupa poprawnych odpowiedzi” poświęciła 17% całego czasu poświęconego na rozwią-

zanie zadania, a „Grupa błędnych odpowiedzi” – 21,8% całości czasu. Analiza obszarów związanych z rysunkami (od AOI 03 do AOI 08) zajęła zarówno pierwszej, jak i drugiej grupie ok. 43% całkowitego czasu rozwiązania zadania. Natomiast procentowy czas poświęcony na analizę proponowanych odpowiedzi od A do E (od AOI 10 do AOI 13) w pierwszej grupie wyniósł 20,1%, a w drugiej 15,9% czasu poświęconego przez każdą z grup na rozwiązanie całego zadania.

Interesującym wnioskiem płynącym z prezentowanych zestawień jest fakt, że obie grupy procentowo poświęciły identyczną ilość czasu na analizę rysunku – najbardziej istotnego nośnika informacji w tym zadaniu. Oczywiście czas rozwiązywania zadania przez „Grupę poprawnych odpowiedzi” był dłuższy, więc analiza rysunku trwała relatywnie dłużej, ale rozkład procentowy czasu poświęconego na ten etap poszukiwania rozwiązania był identyczny. Znacząco różnił się w tych grupach czas procentowy poświęcony na poszukiwanie poprawnych rozwiązań wśród odpowiedzi od A do E. Grupa pierwsza poświęca na ten etap znacznie więcej całościowego czasu niż grupa druga, badany z założenia bowiem wie, że autor zadania na pewno umieścił wśród odpowiedzi prawidłowy wynik (w tym przypadku był to test wielokrotnego wyboru, co sugerowało, że prawidłowych odpowiedzi może być więcej niż jedna). Spędzenie znacznie większego ułamka czasu rozwiązywania zadania na analizę proponowanych odpowiedzi wskazuje, jak bardzo właśnie ten etap poszukiwania rozwiązania zadania testowego wpływa na końcowy sukces. Wyniki badań wskazują, iż głębokość przetwarzania właśnie informacji zawartych w proponowanych odpowiedziach skutkuje prawidłowym rozwiązaniem zadania.

Podsumowanie

Aktualne wyniki badań w zakresie neuroobrazowania sugerują tworzenie nowych metod nauczania uwzględniających wydolność pamięci operacyjnej. Przyswojenie operacyjnej wiedzy np. z zakresu matematyki nie polega na zapisywaniu informacji pochodzących z zewnątrz, ale na przetwarzaniu przez nasze mózgi obserwowanych zjawisk otaczającego nas świata i tworzeniu istniejących tam reguł. „Nasza zdolność radzenia sobie z otaczającym światem tkwi w połączeniach synaptycznych między komórkami nerwowymi naszego mózgu. Ponieważ światem rządzą reguły, nie potrzebujemy i nie musimy zapamiętywać każdego szczegółu” [Spitzer 2007: 67]. Synapsy uczą się powoli, umiejętności opanowujemy krok po kroku coraz lepiej, potrzebujemy wielu dobrowolnych godzin ćwiczeń, by osiągnąć trwałe efekty. „Synapsy zmieniają się tylko wtedy, gdy wielokrotnie przesyłają impulsy. Wiadomo też, że efektywność nauczania zależy nie tylko od czasu, ale również od **głębokości przetwarzania informacji**” [Żylińska 2013: 24].

Opierając się na wynikach badań związanych z rozwiązywaniem testowego zadania wielokrotnego wyboru odpowiedzi, tzw. zadania zamkniętego, można stwierdzić, że obok głębokiej analizy rysunku – głównego nośnika informacji

zadaniowej – bardzo istotnym elementem poszukiwania rozwiązania była głęboka analiza danych zawartych w proponowanych odpowiedziach. To właśnie ten etap w znacznej mierze gwarantował sukces w rozwiązaniu zadania.

Literatura

- Młodkowski J. (2008): *Aktywność wizualna człowieka*, Warszawa.
- Petlák E., Zajcová J. (2010): *Rola mózgu w uczeniu się*, Kraków.
- Rosiek R., Sajka M. (2014): *Reakcja źrenicy jako wskaźnik przetwarzania informacji podczas rozwiązywania zadań testowych z zakresu nauk ścisłych*, „Edukacja – Technika – Informatyka” nr 5/2.
- Rożek B. (2014): *Wykorzystanie badań eye-trackingowych do analizy procesu rozwiązywania procesu rozwiązywania testowego zadania matematycznego jednokrotnego wyboru*, „Edukacja – Technika – Informatyka” nr 5/2.
- Sajka M., Rosiek R. (2014): *Wiedza potoczna: pomoc czy przeszkoda? Eye-trackingowa analiza rozwiązań zadania z zakresu nauk przyrodniczych*, „Edukacja – Technika – Informatyka” nr 5/2.
- Spitzer M. (2007): *Jak uczy się mózg*, Warszawa.
- Stolińska A., Andrzejewska M., Błasiak W., Godlewska M., Pęczkowski P., Rosiek R., Rożek B., Sajka M., Wcisło D. (2014): *Analysis of Saccadic Eye Movements of Experts and Novices when Solving Text Tasks*, [w:] Nodzyńska M., Cieśla P., Różowicz K. (red.), *New Technologies in Science Education*, Kraków.
- Wcisło D., Błasiak W., Andrzejewska M., Godlewska M., Pęczkowski P., Rosiek R., Rożek B., Sajka M., Stolińska A. (2014): *Różnice w rozwiązywaniu problemów fizycznych przez nowicjuszy i ekspertów*, „Edukacja – Technika – Informatyka” nr 5/2.
- Żylińska M. (2013): *Neurodydaktyka. Nauczanie i uczenie się przyjazne mózgowi*, Toruń.

Streszczenie

Współcześnie coraz częściej dyskutuje się o konieczności uwzględnienia wiedzy dotyczącej struktury i funkcji mózgu w procesach dydaktycznych. Neurodydaktyka jako nauka interdyscyplinarna zajmuje się mechanizmem procesu uczenia się i kształcenia i opiera się na wynikach badań z zakresu działania mózgu. Jedną z nieinwazyjnych metod, które mogą dostarczyć wiedzy na temat funkcjonowania mózgu, są badania prowadzone za pomocą eyetrackera – urządzenia służącego do śledzenia ruchu gałki ocznej osoby badanej. W artykule zostanie przedstawiony fragment badań, w których wykorzystano technologię eyetrackingową. Celem prezentowanych badań była próba analizy głębokości przetwarzania informacji przez ucznia podczas rozwiązywania testowego zadania matematycznego. Wyniki badań wskazują na pewne charakterystyczne zachowania uczniów podczas podejmowania decyzji dotyczącej wyboru wskazanej przez nich odpowiedzi.

Słowa kluczowe: neurodydaktyka, badania eyetrackingowe, rozwiązywanie zadania matematycznego, głębokość przetwarzania informacji.

Neurodidactic Aspects of the Process of Solving a Mathematical Test Task Based on the Eye-Tracking Research

Abstract

Contemporarily the necessity of regarding the knowledge of brain structure and functions in the didactic processes is more and more frequently discussed. Neurodidactics, as a cross-disciplinary science is engaged in the learning and education process which is based on the results of research on brain functioning. One of the non-invasive methods that can provide us with knowledge on brain functioning is the research carried out with an eye-tracker, a device used for tracing eyeball movements of a tested person. This paper will present a part of the research in which the eye-tracking technology has been used. The aim of the presented research was an attempt to analyse the depth of information processing by a pupil during solving a mathematical test task. The research results point to certain characteristic pupils' behaviour while making decision concerning the choice of an answer marked by them.

Keywords: neurodidactics, eye-tracking research, solving mathematical tasks, depth of information processing.