

Mirosława SAJKA, Roman ROSIEK

Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie, Polska

Analiza porównawcza wybranych parametrów okulograficznych uczniów gimnazjum podczas rozwiązywania zadania

Wstęp

Artykuł jest jednym z serii opracowań powstałych na bazie analizy okulograficznej danych eksperymentu przeprowadzonego w czerwcu 2014 r. przez Grupę Badawczą Dydaktyki Kognitywnej w Uniwersytecie Pedagogicznym w Krakowie. Przedmiotem zainteresowania naszej grupy badawczej są dydaktyczne aspekty zastosowań najnowszych technologii, takich jak: *eye-tracking* [Stolińska i in. 2014; Wcisło i in. 2014] oraz zastosowania metod psychofizjologicznych w dydaktykach przedmiotów ścisłych.

Cel badań

Celem niniejszego opracowania jest porównanie parametrów okulograficznych uczniów uzdolnionych w dziedzinie nauk ścisłych oraz tych, którzy mają w tym zakresie trudności, a następnie wyodrębnienie na przykładzie wyników pracy nad jednym zadaniem hipotetycznych przyczyn sukcesu lub porażki w prawidłowym jego rozwiązaniu.

Próba badawcza

Badania przeprowadzono wśród uczniów III klasy gimnazjum znających swoje wyniki z egzaminu gimnazjalnego. Wzięły w nich udział 52 osoby, w tym 18 laureatów konkursu fizycznego na etapie wojewódzkim, a także 34 uczniów, którzy nie byli laureatami konkursów. Wśród wszystkich badanych na podstawie listy rankingowej wyników egzaminu gimnazjalnego z części matematycznej wyróżniono dwie podgrupy o skrajnych wynikach. Założeniem było, aby każda z nich stanowiła ok. 10% liczebności całej grupy, dlatego wybrano 5 osób o najlepszych wynikach, które nazywamy odpowiednio: „Najlepsza Piątka”, oraz osoby z 5 najslabszymi wynikami, przy czym dwie osoby miały taką samą liczbę punktów – „Najslabsza Szóstka”.

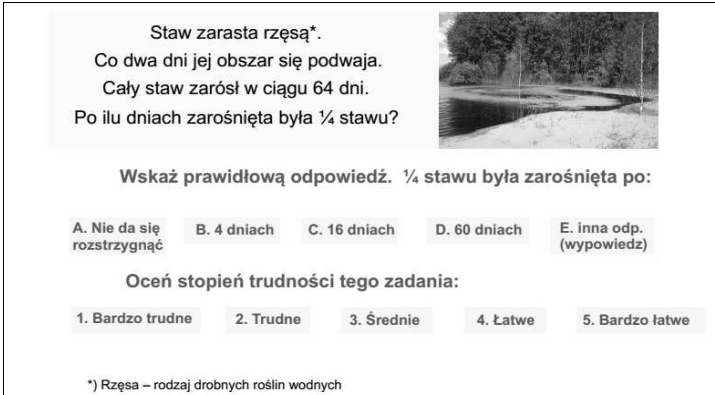
Aparatura

Do badania użyto eyetrackera SMI Hi-Speed 1250, a także oprogramowania iViewX™. Badania prowadzono przy ustalonej częstotliwości próbkowania 500

H. Oprogramowanie BeGaze zostało wykorzystane do analizy otrzymanych danych. Przyjęto 13-punktową kalibrację z precyzją poniżej 0,5°.

Opis zadania badawczego

Badanie związane z „zadaniem o rzęsie” składało się z trzech części – każda z nich przedstawiona była na oddzielnym slajdzie. Bezpośrednią inspiracją do sformułowania treści slajdów wykorzystanych w badaniach było zadanie opublikowane w książce *Igraszki z matematyką* [Dubiecka, Gawęł 1996: 44]. Zostało ono zmodyfikowane¹. Rysunek 1 prezentuje treść pierwszej części zadania, na analizie której w niniejszym artykule poprzestaniemy.



Staw zarasta rzęsą*.
Co dwa dni jej obszar się podwaja.
Cały staw zarósł w ciągu 64 dni.
Po ilu dniach zarośnięta była $\frac{1}{4}$ stawu?

Wskaż prawidłową odpowiedź. $\frac{1}{4}$ stawu była zarośnięta po:

A. Nie da się rozstrzygnąć B. 4 dniach C. 16 dniach D. 60 dniach E. inna odp. (wypowiedz)

Oceń stopień trudności tego zadania:

1. Bardzo trudne 2. Trudne 3. Średnie 4. Łatwe 5. Bardzo łatwe

*) Rzęsa – rodzaj drobnych roślin wodnych

Rys. 1. Zadanie o rzęsie – slajd 1

Mimo że „zadanie o rzęsie” może być rozwiązane przez uczniów szkoły podstawowej, ponieważ do jego rozwiązania wymagane są elementarne umiejętności: dzielenia przez 2 parzystych liczb naturalnych mniejszych od 100, odejmowania liczby 2, a także rozumienie ułamka $\frac{1}{2}$ oraz $\frac{1}{4}$, jednakże jest ono odpowiednie dla uczniów gimnazjum z dwóch innych powodów. Pierwszym jest trudność natury metodologicznej. Zadanie jest niestandardowe w stosunku do zadań rozwiązywanych w szkole, bowiem wymaga rozumowania redukcyjnego, które jest rzadko stosowane i nauczane w szkołach. Aby je rozwiązać, należy jako punkt wyjścia przyjąć stan końcowy, czyli rozpocząć analizę zadania od tego, że staw jest zarośnięty całkowicie po 64 dniach, i dokonać dwóch etapów rozumowania wstecz, wykorzystując umiejętnie dane z treści zadania.

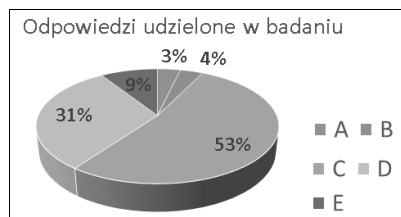
Drugim powodem trudności jest aktywowanie podczas pracy psychologicznego „Systemu 1” opisanego przez D. Kahnemana, laureata nagrody Nobla, w książce *Pułapki myślenia* [Kahneman 2011]. „System 1” aktywuje szybkie

¹ Pierwotnie zadanie polegało na wyborze rozwiązania spośród kilku podanych. Zmieniono to zadanie na zamknięte, sformułowano odpowiedzi, dodano wyjaśnienie, co to jest rzęsa, a następnie sformułowano dwa kolejne slajdy (M. Sajka).

i automatyczne odpowiedzi udzielane bez wysiłku, przy czym osoba udzielająca takiej odpowiedzi nie ma poczucia świadomej kontroli nad nim. Przeciwnieństwem jest „System 2”, który jest wolny i racjonalny. Aby go aktywować w przypadku naszego zadania, uczniowie musieli przełamać narzucające się działanie „Systemu 1”, który podpowiadał proste, natychmiastowe i niestety błędne skojarzenie: skoro po 64 dniach cały staw był zarośnięty, to 1/4 będzie zarośnięta po 16 dniach, gdyż $1/4 \times 64 = 16$ (lub $64 : 4 = 16$). Dodatkowo szkolne doświadczenie uczniów związane z kształtowaniem pojęcia wielkości wprost proporcjonalnych utrwala taki schemat. Problem ten jest analogiczny do „problemu o liliach wodnych” [Kahneman 2011: 54]. Aby przełamać aktywację „Systemu 1”, potrzebne jest uruchomienie **dyscypliny i krytycyzmu myślenia** [Klakla 2003], czyli jednej z aktywności matematycznych wyróżniających uzdolnionych uczniów. W tym celu uważnie należy przeczytać treść zadania. Analiza rozwiązań skupiona zatem będzie również na analizie sposobu czytania treści zadania.

Wyniki badań

Większość badanych uczniów (53%) udzieliła błędnej odpowiedzi C. Prawnej odpowiedzi udzieliło 16 osób, co stanowi zaledwie 31% badanych.



Rys. 2. Rozkład odpowiedzi przez wszystkich badanych uczniów

Na rys. 3–6 przedstawiono analizę w postaci tzw. *Gridded AOI*. Ekran został podzielony na 256 prostokątnych obszarów. Rysunki 3–4 przedstawiają średni całkowity czas przebywania wzroku, a rys. 5–6 – średnią liczbę rewizyt dla badanych w poszczególnych grupach.



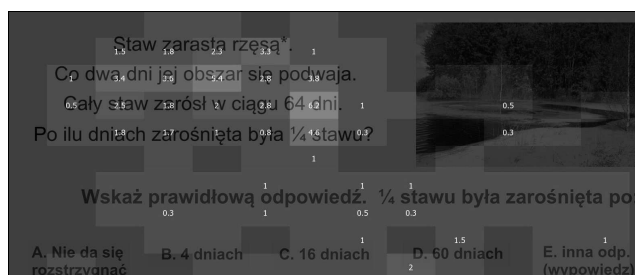
Rys. 3. Średni czas przebywania (*dwell time*) dla „Najlepszej Piątki”



Rys. 4. Całkowity średni czas przebywania (dwell time) dla „Najslabszej Szóstki”



Rys. 5. Średnia liczba rewizyt podczas czytania treści zadania w grupie „Najslabszej Szóstki”



Rys. 6. Średnia liczba rewizyt podczas czytania treści zadania w grupie „Najlepszej Piątki”

Analiza porównawcza wyników „Najslabszej Szóstki” i „Najlepszej Piątki”

Spśród danych okulograficznych przedstawionych na rys. 3–6 warto poddać analizie takie, które różnicują obie grupy. Zostały one zebrane w tabeli 1.

Wszyscy badani z grupy „Najlepszej Piątki” rozwiązali zadanie dobrze, udzielając odpowiedzi D, natomiast wszyscy badani z „Najslabszej Szóstki” rozwiązali zadanie błędnie, udzielając odpowiedzi C. Wszyscy badani z grupy „Najlepszej Piątki” uznali to zadania za łatwe, natomiast 5 osób z „Najslabszej Szóstki” uznało stopień trudności tego zadania jako średni, a jedna osoba oceniła je jako łatwe.

Tabela 1

Wybrane wartości parametrów okulograficznych

		„Najlepsza Piątka”	„Najsłabsza Szóstka”
Średnia liczba fiksacji podczas pracy nad całym slajdem		248	186
Średni czas pracy nad całym slajdem		70150 ± 2 ms	57275 ± 2 ms
Średni łączny czas fiksacji podczas pracy nad całym slajdem		54074 ± 2 ms	43454 ± 2 ms
Średni czas fiksacji		206 ± 2 ms	234 ± 2 ms
Pole: „64 dni”	Czas przebywania	9924 ± 2 ms	4214 ± 2 ms
	Średnia liczba rewizyt	6,2	6,3
Pole: „1/4 stawu”	Czas przebywania	3492 ± 2 ms	2668 ± 2 ms
	Średnia liczba rewizyt	4,6	5,3
Pole: „Co dwa dni jej obszar się podwaja”	Czas przebywania	9304 ± 2 ms	3692 ± 2 ms
	Średnia liczba rewizyt	20	10
Pole: „16 dni”	Czas przebywania	1398 ± 2 ms	4306 ± 2 ms
	Średnia liczba rewizyt	1	9,4
Pole: „60 dni”	Czas przebywania	3606 ± 2 ms	1222 ± 2 ms
	Średnia liczba rewizyt	1,5	2,4

- Średnia liczba fiksacji podczas pracy nad całym slajdem u „Najlepszej Piątki” wyniosła średnio 248, natomiast dla „Najsłabszej Szóstki” tylko 75% tej wartości, czyli 186.
- Średni całkowity czas pracy nad zadaniem dla uczniów najsłabszych również był minimalnie krótszy i stanowił ok. 80% średniego czasu pracy najlepszych uczniów. Jednak wśród uczniów najlepszych znajdowały się zarówno osoby o bardzo krótkim czasie rozwiązywania (ok. 23 s), jak i uczniowie o jednym z najdłuższych czasów pracy (105 s).
- Średni czas trwania fiksacji w obu grupach był porównywalny. Zauważono natomiast istotne różnice w analizie treści zadania zarówno w porównaniu czasu analizy treści zadania, jak i czasu fiksacji, liczby fiksacji i liczby rewizyt.
- Wszyscy badani poświęcili najwięcej czasu na analizę pola „64 dni”, natomiast odnotowano istotną różnicę w wielkości tego czasu (tabela 1). „Najsłabsza Szóstka” poświęciła średnio 40% czasu przebywania „Najlepszej Piątki”, natomiast liczba rewizyt była taka sama i wynosiła ponad 6,2. Dla obu grup pole to było bardzo ważne.
- Kolejnym polem tekstowym, w obszar którego patrzyli badani, była „1/4 stawu”. Dla „Najsłabszej Szóstki” czas przebywania na tym polu stanowił ok. 75% analogicznej wartości dla „Najlepszej Piątki”. Średnia liczba rewizyt w obu grupach wynosił ok. 5.
- Całkowity czas patrzenia na najistotniejsze zdanie treści zadania: „Co dwa dni jej obszar się podwaja” jest bardzo zróżnicowany dla badanych grup. Dla

„Najlepszej Piątki” średnio wynosi on 9304 ± 2 ms, a dla „Najsłabszej Szóstki” zaledwie 3692 ± 2 ms, co nie stanowi nawet 40% czasu dla grupy najlepszych. Liczba powrotów do tego pola jest dokładnie dwukrotnie większa dla uczniów z „Najlepszej Piątki” niż dla uczniów z „Najsłabszej Szóstki”.

7. Dla „Najsłabszej Szóstki” odnotowano średnio 9,4 rewizyty w obszarze pola wybieranej odpowiedzi „16 dni”. Dla „Najlepszej Piątki” nie odnotowano dużej liczby rewizyt (1,5) w obszarze pola wybieranej odpowiedzi.

Wnioski

Na podstawie analizy wyników pracy „Najsłabszej Szóstki” formułujemy hipotetyczne przyczyny wyboru błędnej odpowiedzi C:

1. Niedokładna lektura i analiza treści zadania oraz brak zwrócenia wystarczającej uwagi na kluczowe zdanie: „Co dwa dni jej obszar się podwaja”, co wykazano poprzez pomiary okulograficzne.
2. Zwracanie uwagi na liczby 64, $1/4$, 16 potwierdzone pomiarami oraz brak zwrócenia uwagi na istotny fragment treści zadania implikuje manipulowanie tymi danymi.
3. Połączenie dwóch powyższych faktów z oceną stopnia trudności zadania jako „łatwe” lub „średnie” przez „Najsłabszą Szóstkę” wzmacnia hipotezę o aktywowaniu „Systemu 1” wśród uczniów o najsłabszych wynikach.
4. Należy wziąć jeszcze jeden czynnik pod uwagę, a mianowicie fakt, że dys-traktor z odpowiedzią C umieszczono dokładnie w centralnym punkcie ekranu, co mimowolnie przykuwa uwagę.

Większość badanych uczniów (53%) udzieliła błędnej odpowiedzi C, takiej samej jak najsłabsi uczniowie. Porównanie strategii analizy tekstu zadania przez „Najlepszą Piątkę” oraz „Najsłabszą Szóstkę” pozwala na sformułowanie hipotez dotyczących przyczyn niepowodzeń i sukcesów w rozwiązaniu tego zadania. Badanie wykazało, że najzdolniejsi uczniowie zupełnie inaczej czytali treść zadania i poświęcali najwięcej uwagi wnikliwej analizie tej treści. Wyniki tej analizy nie są pesymistyczne, dają nadzieję, że takich umiejętności możemy uczyć. Pozwalają na sformułowanie wniosku o potrzebie zwrócenia uwagi na sposób i jakość czytania tekstów matematycznych.

Literatura

- Dubiecka A., Gawel M. (1996): *Igraszki z matematyką*, Opole.
- Kahneman D. (2012): *Pułapki myślenia. O myśleniu szybkim i wolnym*, Poznań.
- Klakla M. (2003): *Dyscyplina i krytycyzm myślenia, jako specyficzny rodzaj aktywności matematycznej*, „Studia Matematyczne Akademii Świętokrzyskiej” nr 10.
- Stolińska A., Andrzejewska M., Błasiak W., Rosiek R., Rożek R., 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., Rosiek R., Rożek B., Sajka M., Stolińska A. (2014): *Różnice w rozwiązywaniu problemów fizycznych przez nowicjuszy i ekspertów*, „Edukacja – Technika – Informatyka” nr 5/2.

Streszczenie

Artykuł przedstawia analizę procesu rozwiązywania zadania zarejestrowanego przy użyciu stacjonarnego eyetrackera. Grupę badawczą stanowili uczniowie gimnazjum. Przedmiotem analiz było porównanie zarejestrowanych parametrów okulograficznych, takich jak: czas patrzenia, liczba powrotów i liczba fiksjacji uczniów uzdolnionych w dziedzinie nauk ścisłych oraz tych, którzy mają w tym zakresie trudności. Wyodrębniono na przykładzie wybranego zadania przyczyny sukcesu lub porażki jego rozwiązania. Wyniki badań dowodzą, że sposób czytania treści zadania bezpośrednio wpływa na jakość jego rozwiązania.

Słowa kluczowe: dydaktyka, *eye-tracking*, rewizyty, *dwell time*, proces rozwiązywania zadania.

A Comparative Analysis of the Chosen Eyetracking Parameters during a Process of Solving a Problem by Middle School Students

Abstract

The paper presents the analysis of the process of solving a problem using eyetracking technology. The research participants were 16-year-old students, graduating from middle school. The subject of the analysis was to compare the eye parameters, such as dwell time, revisits and number of fixations, registered in two groups of students, those who are gifted in science and who have difficulties in this area. The chosen reasons for success in solving the problem were distinguished. Research results show that the way of reading the wording of the problem directly affected the quality of its solution.

Keywords: didactics, eye-tracking, revisits, dwell time, problem solving.