

Bożena ROŻEK

Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie, Polska

Wykorzystanie badań eye-trackingowych do analizy procesu rozwiązywania testowego zadania matematycznego jednokrotnego wyboru

Wstęp

Przegląd aktualnych badań eye-trackingowych z lat 2000–2012 przedstawili w swojej pracy tajwańscy badacze [Lai, Tsai, Yang, Hsu, Liu, Lee S.W., Lee M.H, Chiou, Liang & Tsai 2013]. Autorzy wskazują na szerokie zastosowanie eye-trackera w badaniach naukowych dotyczących analizy procesów poznawczych, takich jak uwaga, percepcja i wyobraźnia wzrokowa, czytanie tekstu, a także rozwiązywania problemów. Zainteresowanie tą metodą wzrasta także wśród polskich badaczy, m.in. w neurobiologii [Ober 2009], w procesach poznania translatorycznego [Płużyczka 2012], a wyniki badań wskazują na nowe możliwości eksperymentalne także w zakresie edukacji [Błasiak, Godlewska, Rosiek, Wcisło 2013; Nowakowska-Buryła, Joński 2012]. Jednakże obecnie nie ma w Polsce prac opisujących badania z wykorzystaniem eye-trackera w zakresie dydaktyki matematyki. Zastosowanie omawianego urządzenia wydaje się być szczególnie uzasadnione w badaniach nad procesem rozwiązywania zadań matematycznych, które wymagają wzrokowej analizy danych zamieszczonych na rysunku.

1. Zarys działania układu wzrokowego

Układ wzrokowy rozpoznaje obrazy na poziomie podświadomym sposobem „wędrówki po drzewie” i jest on zdolny do wyodrębniania ogólnych cech zobrazowania, które tworzą pewien obraz uogólniony: „kiedy cechy uogólnione trafiają do pamięci krótkotrwałej, znajdują się tam dokładnie jedną czwartą sekundy, a w tym czasie pamięć długotrwała, podstawowa bada pamięć krótkotrwałą, porównuje jej zawartość z tym, co znajduje się w zasobach długotrwałych” [Demidow 1989: 50]. Można powiedzieć, że oko jest systemem „jednoobrazowym”. W danym momencie potrafi rozpoznać tylko jeden obraz, by przejść do następnego. Taki intensywny ruch oka to sakkady, czyli intensywne ruchy gałki ocznej związane ze „skokowym przenoszeniem linii wzroku na te punkty otoczenia wzrokowego, w których dostępna jest informacja potrzebna dla aktualnie

realizowanego zadania poznawczego” [Ober, Dylak, Gryncewicz, Przedpelska-Ober 2009: 111].

Badania bezsprzecznie potwierdzają, że ruch oczu odzwierciedla pracę mózgu. Przykładowo droga oczu szachisty jest różna w zależności od nastawienia albo znajdź rozwiązanie, albo oceń położenie i określ, która pozycja jest silniejsza. W trakcie wędrówki oko zatrzymuje się na moment na pewnych elementach obrazu, jest to tzw. zjawisko fiksacji polegające na względnym spoczynku oka połączonym z patrzeniem w konkretnym kierunku. „Wzrok zatrzymuje się tylko na niektórych fragmentach obrazu, właśnie na maksimach informacji. Skoki oczu stanowią przystosowanie ograniczonej pojemności organu wzrokowego do niesłychanego nasycenia informacyjnego otaczającego nas świata” [Demidow 1989: 80]. Nie oznacza to jednak, że nie widzimy fragmentów obrazu, na których wzrok się nie zatrzymuje. Mózg odtwarza i uzupełnia te fragmenty poprzez wykorzystanie milionów obrazów, które wcześniej przeszły przed oczami i odłożyły się w naszej pamięci. Im obszerniejszy jest magazyn naszych zasobów wrażeń wzrokowych, tym pełniej odbieramy nowe wrażenia, z którymi spotyka się oko, tym większe są nasze możliwości widzenia.

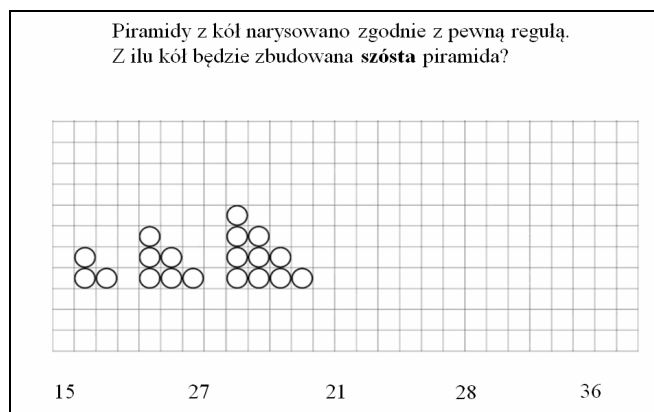
2. Metodologia badań

Celem badań była wstępna charakterystyka sposobów rozwiązań matematycznego zadania testowego jednokrotnego wyboru wymagającego dokonania analizy rysunku. Badania zostały przeprowadzone przez nowo powstałą Grupę Badawczą Dydaktyki Kognitywnej Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.

Metodą badawczą była okulografia (eye-tracking). Rejestracja ruchu gałki ocznej odbywała się za pomocą stacjonarnego eye-trackera iViewX™Hi-Speed500/1250 rejestrującego strumień danych z rozdzielczością czasową 500 Hz. Analiza uzyskanych danych była możliwa dzięki oprogramowaniu BeGaze.

Grupa badawcza była zróżnicowana pod względem doświadczenia matematycznego. Analizowano wyniki badań 99 osób, w tym: 24 uczniów I klasy krakowskiego liceum (Uczniowie); 62 studentów UP Kraków kierunku informatyki lub matematyki studiów I stopnia (Studenci), 13 ekspertów (9 doktorantów fizyki i 4 osoby z tytułem **co najmniej** doktora nauk ścisłych) (Eksperci).

Zadanie matematyczne, które rozwiązywali badani, było następujące (rys. 1):

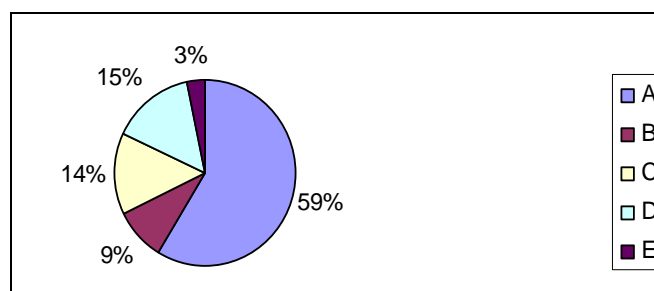


Rys. 1. Zadanie matematyczne

Badani rozwiązywali zadanie patrząc na slajd wyświetlony na ekranie komputera, nie mieli możliwości wykonywania pisemnych obliczeń oraz rysowania. Poprzez kliknięcie myszką jednej z pięciu liczb umieszczonych na slajdzie pod rysunkiem (oznaczonych w analizie badań jako odpowiedzi A, B, C, D i E) wskazywali rozwiązanie, które uważali za poprawne.

3. Wyniki i analiza badań

Procentowe zestawienie rodzaju udzielonej odpowiedzi przez badanych przedstawia diagram (rys. 2). Okazało się, że jedynie 15% osób wskazało prawidłową odpowiedź D, stwierdzając, że szósta piramida będzie złożona z 28 kół.



Rys. 2. Procentowe zestawienie rodzaju udzielonej odpowiedzi przez badanych

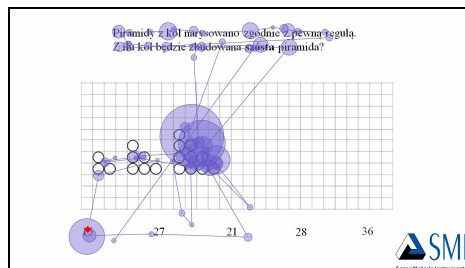
Z diagramu wynika także, że najczęściej wybieraną odpowiedzią – aż przez ponad połowę respondentów – była odpowiedź A, czyli liczba kół czwartej piramidy. Postanowiono zatem przeanalizować wyniki badań zarejestrowane przez eye-tracking, które pozwolą scharakteryzować sposoby rozwiązywania zadania przez dwie grupy:

- **Gr. z odp. A** – grupę osób, która jako rozwiązanie zadania wskazuje liczbę elementów czwartej piramidy,
- **Gr. z odp. D** – grupę osób, która wskazuje poprawne rozwiązanie zadania, czyli liczbę elementów szóstej piramidy.

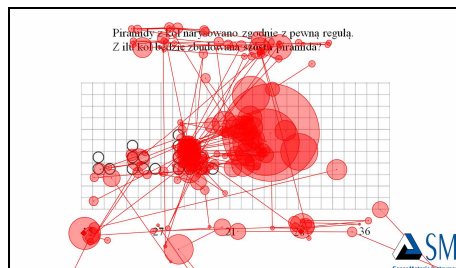
Wyniki badań wskazują, iż osoby wskazujące odpowiedź A jako poprawną nie uświadomiły sobie istotnego warunku zadania ujętego w tekstowej instrukcji zadania zawartej w słowie „szósty”. Pomijając warunek zadania zawarty w słowie „szósty”, odpowiedź A staje się sensowną odpowiedzią związaną z podaniem liczby kół kolejnej, czwartej figury.

Analizując w obu wyróżnionych grupach indywidualne ścieżki wzroku (scan path) każdego badanego udzielającego odpowiedzi A (**Gr. odp. A**) oraz każdego badanego udzielającego odpowiedzi D (**Gr. odp. D**), udało się wyróżnić elementy charakteryzujące drogę rozwiązania osób z każdej z rozważanych grup:

- dla osób z **Gr. odp. A**: szczegółowa wzrokowa analiza liczbowej regularności sprowadzała się do analizy struktury trzech narysowanych piramid (takie podejście badanego odrzuca jednocześnie hipotezę wyboru pierwszej z lewej odpowiedzi na drodze metody „na chybił trafił”). Przykładowa, charakterystyczna ścieżka wzroku dla osób z tej grupy jest ilustrowana na rys. 3 – widoczne następujące po sobie linie ciągłe to sakady, a widoczne koła o różnej średnicy to fiksacje – im większa średnica koła tym dłużej trwała fiksacja.
- dla osób z **Gr. odp. D**: szczegółowa wzrokowa analiza liczbowej regularności figur jest wyraźnie poszerzona na pola wykraczające poza trzy narysowane piramidy i widoczne są koncentracje wzroku w postaci licznych fiksacji na polach poza obszarem narysowanych figur (tzn. w miejsca położenia kolejnych wyobrażonych figur w ciągu). Przykładowa, charakterystyczna ścieżka wzroku dla osób z tej grupy jest ilustrowana na rys. 4.

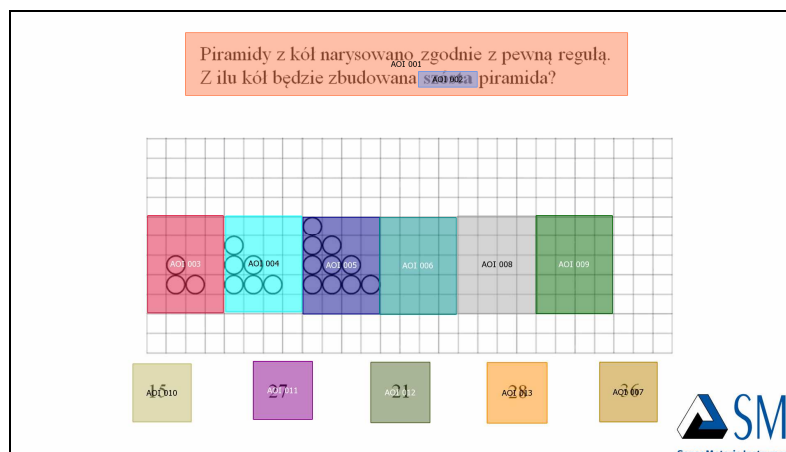


Rys. 3. Scan path (P 90) – Gr. odp. A



Rys. 4. Scan path (P 81) – Gr. odp. D

Charakterystyka omawianych grup może być wzmocniona przez kolejne statystyczne zestawienia parametrów wyników uzyskanych w trakcie badań. Dla szczegółowych analiz statystycznych zdefiniowano dla slajdu omawianego zadania 13 obszarów zainteresowań (AOI) prezentowanych na rys. 5:



Rys. 5. Zdefiniowane obszary zainteresowań AOI

Każdy obszar był charakteryzowane przez parametry różnego typu, takie jak czas przebywania, średni czas fiksacji, średnia liczba fiksacji czy liczba rewizyt do danego pola. W szczególności zestawienie czasów przebywania (*dwell time*) w zdefiniowanych polach zainteresowań AOI 006, 008, 009 (trzy kolejne prostokąty poza rysunkami piramid) potwierdzają przedstawioną powyżej charakterystykę rozwiązań zadania przez rozważane grupy. Otóż całkowity czas przebywania łącznie dla tych trzech obszarów wyniósł dla **Gr. odp. A** jedynie 2,7%, natomiast dla **Gr. odp. D** stanowi łącznie 8,7%, czyli był trzykrotnie dłuższy.

Podsumowanie

Z wyników badań związanych z rozwiązywaniem testowego zadania jednokrotnego wyboru odpowiedzi można stwierdzić, że specyficzny typ zadania mógł spowodować pewnego typu „pułapkę”. Zwróćmy uwagę, że odpowiedź A można by uznać za odpowiedź poprawną w zadaniu, w którym nie występowałoby słowo „szósta”. Innymi słowy, skreślenie informacji tekstowej „szósta” powoduje, iż w domyśle chodzi o liczbę kół kolejnej figury i wówczas odpowiedzią poprawną na tak zmodyfikowane pytanie byłaby odpowiedź A. Specyfika tego zadania polegała na tym, że znaczna część istotnych warunków zadania była zawarta w rysunku. Wyniki badań wyraźnie wskazywały, że rysunek ten tak mocno przykuł uwagę wzrokową badanych, że ponad połowa z nich nie uświadomiła sobie warunku zawartego w tekście zadania. Ponadto rysunek mocno sugerował, jakiej odpowiedzi można by oczekiwać.

Głębsze badania eye-trackingowe nad testowymi zadaniami matematycznymi, które zamieszczane są na egzaminach zewnętrznych w postaci tzw. zadań zamkniętych, pozwolą opisywać inne mechanizmy poznawcze osób rozwiązujących różne typy zadań.

Literatura

- Błasiak W., Godlewska M., Rosiek R., Wcisło D. (2013), *Eye tracking: nowe możliwości eksperymentalne w badaniach edukacyjnych*, „Edukacja – Technika – Informatyka”, nr 4/2013-1.
- Demidow W. (1989), *Patrzeć i widzieć*, Warszawa.
- Lai M.L., Tsai M.J., Yang F.Y., Hsu C.Y., Liu T.C., Lee S.W., Lee M.H., Chiou G.L., Liang J.C. & Tsai C.C. (2013), *A review using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012*, „Educational Research Review”, 10.
- Nowakowska-Buryła I., Joński T. (2012), *Eye-trackingowe badania prezentacji multimedialnych konstruowanych dla wspomagania edukacji wczesnoszkolnej* [w:] *Media – Edukacja – Kultura. W stronę edukacji medialnej*, red. W. Skrzydlewski, S. Dylak, Poznań – Rzeszów.
- Ober J., Dylak J., Gryniewicz W., Przedpelska-Ober E. (2009), *Sakkadometria – nowe możliwości oceny stanu czynnościowego ośrodkowego układu nerwowego*, „Nauka”, nr 4.
- Plużyczka M. (2012), *Na co patrzy, a co widzi tłumacz a vista? Translatoryczne możliwości poznawcze okulografii*, „Lingwistyka Stosowana”, nr 5.

Streszczenie

W artykule przedstawiono fragment badań, w których wykorzystano urządzenie eye-tracker służące do śledzenia ruchu gałki ocznej osoby badanej. Nowoczesne urządzenia pomiarowe umożliwiają rozszerzenie zakresu badań empirycznych w obrębie różnorodnych dziedzin nauki. Coraz większa dostępność technologicznie zaawansowanych urządzeń wzbudza zainteresowanie metodą eye-trackingową w zakresie edukacji także wśród polskich badaczy. Zastosowanie tej metody wydaje się być uzasadnione szczególnie w badaniach nad procesem rozwiązywania zadań matematycznych, które wymagają wzrokowej analizy danych zamieszczonych na rysunku. Celem prezentowanych w artykule badań była analiza *visual attention* podczas rozwiązywania testowego zadania matematycznego przez osoby o różnym doświadczeniu matematycznym.

Słowa kluczowe: eye-tracking, uwaga wzrokowa, rozwiązywanie zadania matematycznego, edukacja matematyczna.

Implementation of eye-tracking research to analyse the process solving single-choice mathematical task

Abstract

The article will present a part of the research in which was used a device called an eye-tracker applied for tracing eyeball movements of a tested person. At present modern measurement instruments enable broadening of the realm the

empirical research in various fields of science. Rising availability of technologically advanced devices arouses interest a eye-tracking method in education also among Polish researchers. The application of the mentioned method seems to be particularly justified in the research on the process of solving mathematical tasks which require visual analysis of the data presented graphically. This study mainly aimed at the analysing visual attention during solving a mathematical single-choice task by of different mathematical experience.

Key words: eye tracking, visual attention, solving mathematical tasks, mathematical education.