

Reakcja źrenicy jako wskaźnik przetwarzania informacji podczas rozwiązywania zadań testowych z zakresu nauk ścisłych

Wstęp

Dynamiczny rozwój narzędzi IT, elektroniki, powszechna dostępność precyzyjnych urządzeń pomiarowych sprawiają, iż pojawiają się nowe możliwości i metody prowadzenia badań dydaktycznych. Tradycyjne metody badawcze, takie jak na przykład obserwacje oraz ankiety, mogą być wzbogacone nieinwazyjnymi metodami monitorowania parametrów psychofizjologicznych obserwowanych osób. Zmiany tych parametrów mogą być interpretowane jako wskaźnik zarówno motywacji do podjęcia wysiłku umysłowego, jak i poziomu stresu oraz wysiłku emocjonalnego związanego z rozwiązywaniem zadań [Madsen, Larson, Loschky, Rebello 2012].

W artykule zostaną przedstawione wyniki badań z zastosowaniem technik eyetrackingowych. Metodologia ta nie jest jeszcze rozpowszechniona w badaniach z zakresu dydaktyki fizyki, techniki, matematyki i innych dydaktyk szczegółowych w Polsce [Błasiak, Godlewska, Rosiek, Wcisło 2013: 481–488]. Pojawia się zatem szansa wspomżenia edukacji, szczególnie w tych obszarach, które powszechnie uznawane są za trudne [Błasiak 2011].

Grupa Badawcza Dydaktyki Kognitywnej działająca w Uniwersytecie Pedagogicznym w Krakowie podejmuje ostatnio interdyscyplinarne badania mające służyć weryfikacji przydatności tego typu metod oraz narzędzi badawczych w dydaktykach szczegółowych. Nasz artykuł stanowi opis prób poszukiwania dodatkowych narzędzi oceny motywacji uczniów oraz badania możliwości wykorzystywania parametrów psychofizjologicznych jako wskaźnika subiektywnej oceny stopnia trudności zadań realizowanych przez uczniów i studentów.

1. O hipotezach pupilometrycznych

Hipoteza efektywności neuronalnej (*neural efficiency*) zakłada, że bardziej inteligentne osoby przetwarzają informacje i rozwiązują problemy w sposób bardziej efektywny, nie ponosząc dużego wysiłku umysłowego niż osoby mniej inteligentne [Davidson, Downing 2000; Haier, Siegel, Tang, Abel, Buchsbaum

1992: 415–426; Hendrickson 1982; Schafer 1982]. Hipoteza ta zostaje wzmocniona przez badania z zakresu psychofizjologii na temat reakcji źrenicy oka. Rozszerzenie źrenicy oka osoby poddanej badaniom podczas rozwiązywania zadania poznawczego jest psychofizjologiczną miarą obciążenia procesem analizy i przetwarzania danych. Im większe rozszerzenie średnicy źrenicy, tym większe obciążenie związane z przetwarzaniem informacji lub większy wysiłek umysłowy [Beatty 1982: 276–292].

S. Ahern i J. Beatty [1979] pokazali ponadto, że istnieje związek pomiędzy reakcjami źrenicy oraz zdolnościami poznawczymi badanych osób. Pokazali, że zmiany nagrane u studentów podczas wykonywania mnożenia były negatywnie skorelowane z ich zdolnościami poznawczymi. Oznaczało to, że u studentów osiągających słabsze wyniki w teście Scholastic Aptitude Test (SAT) obserwowano większe rozszerzenie źrenicy podczas wykonywania mnożenia niż u studentów, którzy osiągnęli wyższe wyniki w tym teście. Wynik ten jest zgodny z hipotezą efektywności neuronalnej.

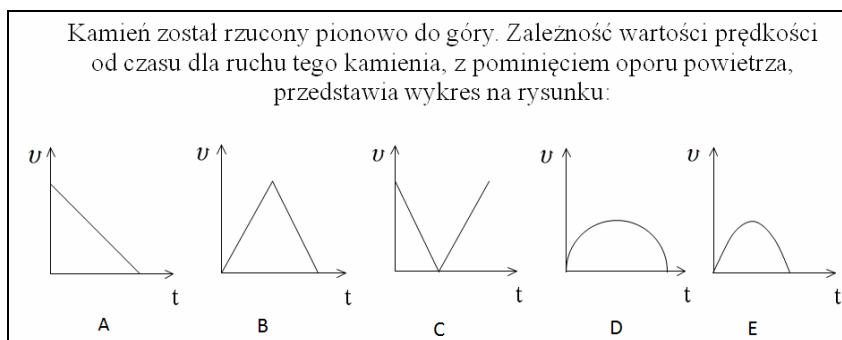
2. Metodologia badań

Celem badań jest próba rozpoznania, czy monitorowanie zmian szerokości źrenicy podczas rozwiązywania zadań z fizyki pozwoli na pozyskiwanie informacji na temat subiektywnej oceny stopnia trudności rozwiązywanych zadań.

Eksperyment przeprowadzono w grupie 103 osób. Wielkość źrenic badanych była mierzona przy pomocy okulo grafu SMI oraz oprogramowania iViewX™Hi-Speed przy założonej częstotliwości próbkowania 500Hz. Analizę danych przeprowadzono w oparciu o oprogramowanie BeGaze. Przed rozpoczęciem procedury wykonywano 9-punktową kalibrację, z założoną precyzją poniżej 0,5 stopnia. Zadbano o to, by natężenie oświetlenia w pomieszczeniu było zawsze takie samo. Przed przystąpieniem do kalibracji osoby badane spędzały w pomieszczeniu kilka minut, aby ich narząd wzroku mógł się przystosować do panujących tam warunków oświetleniowych. Zabieg ten miał na celu zapewnienie wiarygodności pomiaru szerokości źrenicy podczas badania.

Ze względu na znaczne różnice indywidualnych wartości szerokości źrenicy w grupie badanych osób podczas analizy danych dokonano porównania wartości względnych.

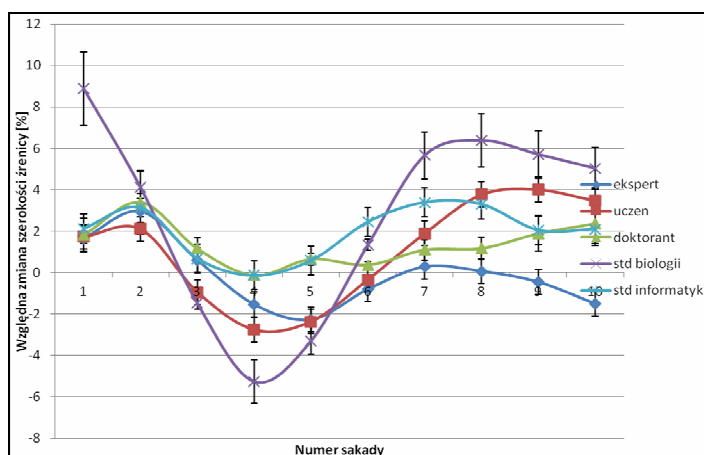
Uczestnicy eksperymentu rozwiązywali zadanie opisane w artykule: *Różnice w rozwiązywaniu problemów fizycznych przez nowicjuszy i ekspertów* (Wcisło, Błasiak i inni, w niniejszym wydawnictwie), którego treść przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Treść zadania wykorzystanego podczas badań

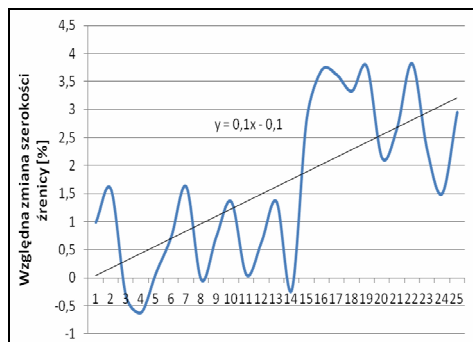
3. Wyniki badań i ich opis

Dla dokonania analizy założono, że indywidualna reakcja źrenicy badanych oraz subiektywna ocena stopnia trudności następuje podczas pierwszych sekund po wyświetleniu treści zadania. Dlatego na wykresie (rys. 2) przedstawiono względne zmiany procentowe wartości średnich szerokości źrenicy w wybranych grupach osób dla pierwszych dziesięciu fiksacji.

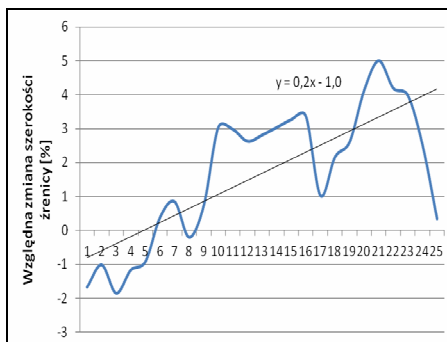


Rys. 2. Względne zmiany procentowe wartości średnich szerokości źrenicy w wybranych grupach osób dla pierwszych dziesięciu fiksacji

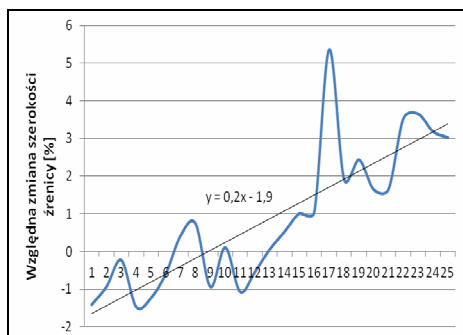
Ze względu na fakt, iż badania przeprowadzono na licznej grupie osób oraz na dużą trudność precyzyjnego określania momentu podejmowania decyzji przez badanych, dla uproszczenia przyjęto, że wybór odpowiedzi następuje podczas 25 ostatnich fiksacji oka. Na kolejnych wykresach przedstawiono zmiany procentowe średniej wartości względnej szerokości źrenicy w poszczególnych grupach badanych osób.



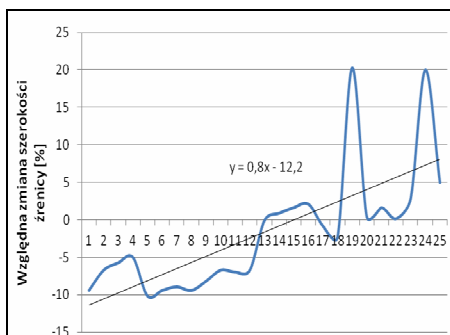
Rys. 3. Względne zmiany procentowe wartości średnich szerokości źrenicy w grupie ekspertów dla ostatnich 25 fiksacji



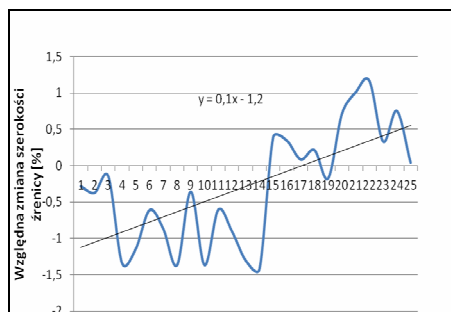
Rys. 4. Względne zmiany procentowe wartości średnich szerokości źrenicy w grupie studentów studiów doktoranckich z fizyki dla ostatnich 25 fiksacji



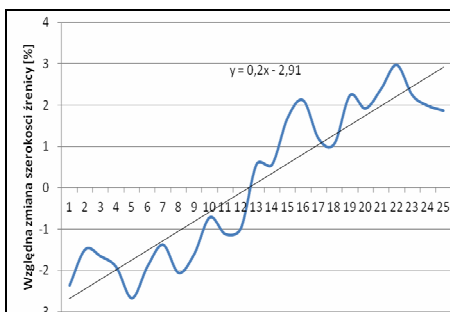
Rys. 5. Względne zmiany procentowe wartości średnich szerokości źrenicy w grupie licealistów dla ostatnich 25 fiksacji



Rys. 6. Względne zmiany procentowe wartości średnich szerokości źrenicy w grupie studentów biologii dla ostatnich 25 fiksacji



Rys. 7. Względne zmiany procentowe wartości średnich szerokości źrenicy w grupie studentów informatyki dla ostatnich 25 fiksacji



Rys. 8. Względne zmiany procentowe wartości średnich szerokości źrenicy dla wszystkich badanych osób dla 25 ostatnich fiksacji

Podsumowanie

Dokonując analizy względnych zmian średnicy źrenicy podczas pierwszych fiksacji badanych na treści zadania, z łatwością możemy dostrzec znaczne zróżnicowanie wartości średnich reakcji dla poszczególnych grup badanych, wynikające z przygotowania merytorycznego. Mimo iż grupa studentów biologii nie jest reprezentatywna, to jednak podjęto decyzję o publikacji tych wyników, gdyż wielkość reakcji badanych świadczy o ich znacznym wysiłku poznawczym. Uważamy, iż bardziej szczegółowej i wnikliwej analizie można poddać wyniki grupy studentów informatyki. Wartości średnie względnych reakcji badanych w tej grupie zmieniają się w mniejszym stopniu niż w grupie licealistów oraz większym niż w grupie studentów studiów doktoranckich. Dalsza szczegółowa analiza polegająca na wydzieleniu wśród badanych studentów informatyki takich osób, które podejmowały decyzję o wyborze odpowiedzi bez wnikliwej analizy treści zadania, pozwoli jeszcze bardziej precyzyjnie opisać strategię i motywację podczas realizacji tego zadania. Zakładamy, że stanie się to tematem kolejnych publikacji. Na podstawie danych zawartych na rys. 8 oraz dla poszczególnych grup badanych na rys. 3 do 7 wnioskujemy, iż podejmowanie decyzji o wyborze rozwiązania związane jest ze wzrostem średnicy źrenicy. Dopasowana metodą najmniejszych kwadratów funkcja liniowa jest rosnąca dla wszystkich grup badanych osób. Wartość parametrów opisujących równanie prostej stanowić może ilościowy opis subiektywnej oceny stopnia trudności realizowanego problemu w poszczególnych grupach.

Analiza zarejestrowanych danych wskazuje, iż okulograficzne metody rejestracji mogą być bardzo pomocne w badaniach dotyczących dydaktyk szczegółowych w zakresie nauczania takich przedmiotów, jak: fizyka, technika informatyka czy matematyka. Stanowią one doskonałe metody uzupełniające naszą wiedzę w zakresie badania:

- 1) motywacji,
 - 2) subiektywnej oceny stopnia trudności zadań,
 - 3) poziomu stresu związanego z procesem rozwiązywania zadania,
- gdyż w tych przypadkach obserwujemy istnienie efektu zmiany szerokości źrenicy podczas analizy zadania testowego z fizyki.

Warto wykorzystać tę metodologię do prowadzenia badań longitudinalnych w wybranych grupach. Może ona być pomocna na przykład dla celów uzupełnienia opisu subiektywnych reakcji dotyczących oceny stopnia trudności zadań, a także motywacji i poziomu stresu związanego z ich rozwiązywaniem.

Badania potwierdzają hipotezę efektywności neuronalnej w zakresie realizacji zadań testowych z fizyki. Możemy zakładać, że jednostki posiadające większe doświadczenie, szerszą wiedzę merytoryczną z zakresu rozwiązywanych zadań angażują mniejsze zasoby, a ich reakcja psychofizjologiczna jest również mniejsza. Może to świadczyć o mniejszym obciążeniu i mniejszym wysiłku intelektualnym podczas realizacji zadań testowych z fizyki.

Literatura

- Ahern S., Beatty J. (1979), *Pupillary responses during information processing vary with scholastic aptitude test scores*, "Science" 205,
- Beatty J. (1982), *Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources*, "Psychol. Bull." 91.
- Błasiak W. (2011), *Rozważania o nauczaniu przyrody*, Kraków.
- Błasiak W., Godlewska M., Rosiek R., Wcisło D. (2013), *Eye tracking: nowe możliwości eksperymentalne w badaniach edukacyjnych*, „Edukacja – Technika – Informatyka”, nr 4/2013-1.
- Davidson J.E., Downing C.L. (2000), *Contemporary models of intelligence* [in:] *Handbook of Intelligence*, ed. R.J. Sternberg, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Haier R.J., Siegel B., Tang C., Abel L., Buchsbaum M.S. (1992), *Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning*, "Intelligence" 16.
- Hendrickson A.E. (1982), *The biological basis of intelligence*, Part I: *Theory* [in:] *A Model for Intelligence*, ed. H.J. Eysenck, Springer, New York.
- Madsen A., Larson A., Loschky L., Rebello N. (2012), *Using ScanMatch scores to understand differences in eye movements between correct and incorrect solvers on physics problems*, Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications, EXTRA 2012, Santa Barbara, CA, USA, March.
- Schafer E.W.P. (1982), *Neural adaptability: a biological determinant of behavioral intelligence*, „Int. J. Neurosci.” 17.

Streszczenie

W artykule prezentujemy wyniki badań dotyczących monitorowania oraz analizy zmian średnicy źrenicy u uczniów, studentów oraz ekspertów podczas rozwiązywania zadań testowych z zakresu nauk ścisłych. Celem badania była weryfikacja, czy istnieją różnice w zakresie reakcji fizjologicznej w grupach badanych osób wynikające z subiektywnej oceny stopnia trudności rozwiązywanych zadań oraz poziomu motywacji. Zakładamy, że analiza względnych zmian średnicy źrenicy może być wskaźnikiem motywacji. Rozwiązywanie zadań przez osoby o mniejszym doświadczeniu i poziomie wiedzy jest związane z dużym obciążeniem procesami poznawczymi i intensywnym wysiłkiem intelektualnym. Może się to objawiać angażowaniem większych zasobów psychofizjologicznych, w tym większymi wartościami względnych zmian szerokości źrenicy. Uważamy, iż przy odpowiednim poziomie motywacji do rozwiązywania zadań reakcja źrenicy jest ujemnie skorelowana ze zdolnościami poznawczymi badanych.

Słowa kluczowe: eye-tracking, szerokość źrenicy, dydaktyka nauk ścisłych, analiza procesu rozwiązywania zadania.

Pupillary response as an indicator of the processing load while solving multiply choice science tasks

Abstract

In this paper we present results of the research on monitoring and analysis of the pupil dilation changes in the groups of high school students, university students and experts while solving a multiple choice science tasks. The aim of the research is verification if there are differences between physiological responses in the distinguished groups, connected with the subjective estimation of the tasks' difficulty and the level of motivation to solve them. We assume that the analysis of the relative changes of pupil dilation can be an valuable indicator of the level of motivation. The process of solving tasks by people having insufficient experience or lower level of knowledge is connected with greater processing load and mental effort. It also can be observed by engaging greater psychophysiological resources, and particularly by higher values of the relative pupil dilation changes. We claim that for individuals, who were motivated enough to solve a problem, the pupillary response is negatively correlated with the cognitive ability.

Key words: eye-tracking, pupil dilation, didactics of science, problem solving.