PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2015, t. III, s. 163–175

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2015.03.12

Tomasz Prauzner
Akademia im. Jana Długosza
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: matompra@poczta.onet.pl

NEURODYDAKTYKA – INNOWACYJNY SPOSÓB MYŚLENIA O NOWOCZESNEJ EDUKACJI W SPOŁECZEŃSTWIE INFORMACYJNYM

Streszczenie. W pracy zaprezentowano rozważania oraz efekty badań naukowych, które dotyczą innowacji dydaktycznych będących efektem prowadzonych badań naukowych w obszarze pedagogiki, w zakresie obserwowalnych zmian społecznych pod wpływem rozwoju technologii informacyjnej. Głównym celem pracy jest odpowiedź na podstawowe pytanie dotyczące istotności wykorzystania nowoczesnej technologii oraz rezultatów innych prowadzonych badań nad pracą mózgu ze względu na efektywność procesu dydaktycznego.
Słowa kluczowe: neurodydaktyka, multimedia, symulacja komputerowa, dydaktyka.

NEURODIDACTICS – AN INNOVATIVE CONCEPTION OF MODERN EDUCATION IN INFORMATION SOCIETY

Abstract. The paper deals with didactic innovations based on research conducted within pedagogy on the observable social changes induced by development in information technology. The main objective of the paper is to address the issue how to apply modern technology and research findings on the functioning of the brain in order to improve the effectiveness of the learning process.
Keywords: neurodidactics, multimedia, computer simulation, didactics.

Wstęp

Nikt z nas nie został nauczony chodzenia, my nauczyliśmy się chodzić. Ale nikt z nas nie nauczył się chodzić sam.

Anonim

Rozważania poruszanego tematu należy rozpocząć od stwierdzenia, iż rozwój cywilizacji jest procesem niezwykle dynamicznym [14, 24]. Co więcej, zachodzące zmiany są niekiedy trudne do przewidzenia, a więc w życiu nic nie jest stałe i trwałe, a jedynie płynne. Ta metamorfoza jest powszechnie uznawana za innowacyjność w naszych poczynaniach. Przykładem może być chociażby zmiana modelu wychowania i kształcenia, jakże odmiennego niż jeszcze dwadzieścia czy trzydzieści lat temu. Obecny model wychowania[1] oraz kształcenia jest przede wszystkim efektem zmieniających się warunków bytowych społeczeństwa oraz zacierania się granic kulturowych na świecie [4, 8, 12, 18]. W tej ewolucji, najistotniejszą rolę odgrywa rewolucja technologiczna, a dokładnie informatyczna. *Cyfrowi tubylcy* czy *dzieci sieci* – to coraz częściej pojawiające się nowe określenia nowej subkultury pokolenia. Internet to obecnie najpotężniejsze medium, a jeszcze do niedawna była nim prasa, telewizja czy radio. Interaktywność pracy w sieci informatycznej zdominowała wszelkie inne wartości pozostałych mediów. Zaobserwowano, iż pod wpływem Internetu u cyfrowych tubylców obserwuje się zmiany w pracy mózgu. Wykształciły się dwa gatunki człowieka: *homo legens – człowiek czytający*, korzystający z dobrodziejstw kultury opartej na nośnikach tradycyjnych oraz *człowiek sieci – homo irretitus. Homo irretitus* jest otoczony siecią nowych technologii dających mu nowe znaczenie funkcjonalności w społeczeństwie tzw. online [13]. W społeczeństwie informacyjnym młody człowiek staje się aktywnym uczestnikiem dwóch światów: realnego – wspomaganego przez technologie informatyczne oraz wirtualnego – sztucznego, jednak dla osób *online* uznawalnego za ten najistotniejszy i wartościowy. Model społeczeństwa obywatelskiego, w którym funkcjonuje *homo irretitus,* opiera się na kilku regułach:

- komunikacja i stosunki międzyludzkie są w ogromnym stopniu zdominowane przez nowe media;
- media masowe tworzą wirtualną rzeczywistość i kulturę medialną;
- obieg informacji o różnej skali odbywa się poprzez sieć teleinformatyczną;

[1] Wychowanie w ujęciu tematyki pracy należy przede wszystkim interpretować jako nowy model postawy młodego człowieka w stosunku do aktywności edukacyjnej, ze względu na atrakcyjność komunikacyjną tzw. mass mediów.

- wszystkie formy aktywności ludzkiej (w tym poznawczej, najistotniejszej z punktu dydaktyki) są wspomagane przez formy medialno-teleinformatyczne;
- narzędzia medialne i teleinformatyczne stają się ważnym elementem wpływającym na stan gospodarki i zatrudnienia. [32]

Dyskusja

Linda Gottfredson, amerykańska psycholog, zauważyła, że mamy obecnie do czynienia z tzw. przesunięciem poznawczym. Klasyczna umiejętność np. czytania oraz pisania ręcznego zaczyna zanikać, a w to miejsce wchodzą czynności operacyjne a mianowicie: szybkość działania [27]. Przykładem skrajności tych zmian może być chociażby ostatnia zapowiedź Minny Harmanen z Narodowej Rady ds. Edukacji: „ [...] w Finlandii od jesieni 2016 roku zniesiona zostanie w szkołach nauka pisania odręcznego i kaligrafii, a zamiast nich wprowadzona zostanie technika maszynopisania. Jest ono bowiem coraz istotniejsze w codziennym życiu […]". Konsekwencje tego typu zachowań są między innymi takie, iż mamy drastyczny spadek znajomości języka, słów natomiast obecna forma prowadzonych zajęć przez wykładowców czy nauczycieli jest mało interesująca a wręcz niezrozumiała dla młodzieży. Nicholas Carr [1, 2], znany z książki *Płytki umysł. Jak internet wpływa na nasz mózg* zauważył, że pod wpływem Internetu co dziesięć lat w krajach wysokorozwiniętych inteligencja rośnie tylko o około trzy punkty w skali IQ i wykazuje tendencję spadkową. Według znanego amerykańskiego psychologa Raymonda Cattella, inteligencja ludzka składa się z dwóch składników: inteligencji płynnej (wrodzonej, genetycznej) oraz inteligencji skrystalizowanej (wyuczonej, opartej na zdobytej wiedzy i umiejętnościach) [3]. Pomimo większych nakładów finansowych na edukację, wydaje się, iż obecnie u człowieka potencjał intelektualny maleje [8]. Dlatego, biorąc pod uwagę konsekwencje ciągłej pracy w Internecie, nauczyciel staje przed znaczącym problemem dotyczącym organizacji swojego warsztatu pracy w odniesieniu do atrakcyjności jego formy przekazu młodemu odbiorcy. Według badań przeprowadzonych w skali międzynarodowej w latach 2012–2013 przez organizację PISA[2], aż 79% uczniów badanych w Polsce uznało szkołę za stratę czasu, twierdząc, iż nie daje ona wiedzy przydatnej do pracy i nie przygotowuje do dorosłego życia. Podobnie prezentują się wyniki również w innych badanych krajach europejskich. W Polsce badania statystyczne

[2] PISA (Programme for International Student Assessment) – badania koordynowane przez OECD (Organization for Economic Co-operation and Development); celem przeprowadzonych światowych badań jest uzyskanie porównywalnych danych o umiejętnościach uczniów, którzy ukończyli 15 rok życia w celu poprawy jakości nauczania i organizacji systemów edukacyjnych.

w obrębie poruszanej problematyki prowadzone są od wielu lat przez Instytut Badań Edukacyjnych w Warszawie [5]. W zaistniałej sytuacji niezwykle ważna wydaje się weryfikacja dotychczasowych, praktykowanych metod kształcenia (ze względu na ich atrakcyjną formę przekazu) opartych na technologii informacyjno-komunikacyjnej (TIK) [10, 11]. Dotychczasowe badania naukowe przeprowadzone w obrębie nowoczesnych form kształcenia wskazują kierunek innowacji, jakie muszą zajść w szkolnictwie. Jednakże technologia informacyjna ma stać się nie tylko samym medium przekazu, zakłada się, iż będzie ona także stymulowała powstanie unowocześnionych metod nauczania, uwzględniających indywidualne zdolności poznawcze ucznia [17, 26, 28–31]. Dobra lekcja ma budzić emocje, poruszać, umożliwiać naukę poprzez doświadczanie świata. Trudno tego dokonać, gdy uczniowie siedzą w ławkach i poznają nowe fenomeny jedynie za pomocą podręczników i zeszytów ćwiczeń. Powyższe przesłanki nie były również obce dydaktyce klasycznej, niemniej jednak w obliczu rozwoju TIK nabierają szczególnego znaczenia [19, 22]. W realizacji tych zamierzeń mają pomóc najnowsze efekty badań naukowych z zakresu budowy i pracy mózgu. Pomimo tego, że mózg nadal jest narządem niezwykle złożonym i mało poznanym, to najnowsze badania w tym temacie dostarczają nam coraz istotniejszych informacji. Pedagogika jako nauka o człowieku coraz częściej korzysta z dobrodziejstw innych nauk, w tym medycyny i psychologii. Nowe pojęcia, takie jak neuropedagogika czy neurodydaktyka, stają się obiektem zainteresowań pedagogów [33]. Celem neurodydaktyki jest zbudowanie nowego modelu nauczania – uczenia się, przyjaznego mózgowi. W odniesieniu do pracy nauczyciela neurodydaktyka wydaje się pojęciem niezwykle atrakcyjnym i wartym bliższej analizy [9].

Zgodnie z przyjętym kierunkiem strategii polityki w zakresie edukacji w Unii Europejskiej uznaje się, że edukacja (kształcenie i szkolenie) jest niezbędna dla rozwoju współczesnego społeczeństwa i gospodarki opartej na wiedzy. Współpraca europejska w zakresie kształcenia i szkolenia zyskała impuls od czasu przyjęcia strategii lizbońskiej w 2000 r. i jest kontynuowana w ramach strategii Europa 2020. Program nadrzędny UE koncentruje się na wzroście gospodarczym, zatrudnienia oraz poprawie spójności społecznej. Współpraca europejska w zakresie kształcenia i szkolenia odgrywa w tym programie istotną rolę, dając fundament wiedzy, umiejętności i innowacyjności jako najbardziej wartościowym aktywom Europy, zwłaszcza w świetle rosnącej konkurencji światowej [7]. Szczególny nacisk kładzie się na *rozpowszechnienie nowoczesnych form nauczania z wykorzystaniem nowoczesnej technologii informacyjnej*.

Metodologia badań

Powyższe przesłanki stały się inspiracją do dalszych badań naukowych, prowadzonych w ramach badań własnych autora na Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie (Polska) [21]. Głównym ich celem jest określenie efektywności kształcenia w odniesieniu do nowoczesnych metod nauczania, opartych na wykorzystaniu interaktywnych symulacji komputerowych w kształceniu technicznym [15]. Dotychczasowe badania prowadzone były i są w oparciu o klasyczną metodologię badań, polegającą na analizie statystycznej efektów kształcenia, np. ocen ucznia [16, 20, 25]. Neurodydaktyka dotyka nowej sfery poznawczej, czerpiącej w dużej mierze z efektów badań nad pracą układu nerwowego.

Badania dotyczące oceny efektywności kształcenia poprzez wykorzystanie nowoczesnych programów komputerowych opartych na symulacji interaktywnej przeprowadzono w latach 2013/2014 przy współudziale aparatury medycznej służącej do analizy fal mózgowych na podstawie badań EEG[3] [6]. Należy wspomnieć, iż prowadzone badania są badaniami pilotażowymi do dalszych prac naukowych i wymagają głębszej interpretacji [23]. Niemniej jednak dotychczasowe wyniki są na tyle istotne, iż wydaje się, że mogą one dostarczyć nowych danych, szczególnie interesujących dla pedagogów. Obecność rytmu EEG u osoby badanej wskazuje na lokalizację aktywności komórek nerwowych oraz z tym związanych charakterystycznych dla danej aktywności generowanych impulsów elektrycznych odczytywanych jako cykliczność pojawiających się fal mózgowych. W wyniku pojawienia się w mózgu określonych fal mózgowych powstają w organizmie pewne substancje chemiczne tzw. neurotransmitery, które odpowiadają za stan naszego organizmu. Do najistotniejszych zaliczyć można: adrenalinę, noradrenalinę, dopaminę, serotoninę i endorfinę. Poprzez odpowiednie ćwiczenia oraz ukierunkowane działanie naszego zachowania można wpłynąć na dominację określonych częstotliwości fal co skutkuje wydzieleniem pożądanych neurotransmiterów, a w konsekwencji pobudza aktywność tych obszarów mózgu, które mają najistotniejsze znaczenie w procesie dydaktycznym. Wstępne badania EEG przeprowadzono na grupie reprezentatywnej liczącej piętnaście osób w przedziale wieku 23–30 lat. Dobór osób był przypadkowy, a badani dobrowolnie poddali się eksperymentowi. Należy podkreślić, iż badania te są nieinwazyjne i nie wpływają w jakikolwiek negatywny sposób na zdrowie i ich bezpieczeństwo. Badania przeprowadzono w Laboratorium Badań Eksperymentalnych Biofeedback Akademii im. Jana Długosza

[3] Elektroencefalografia (EEG) to badanie, którego celem jest ocena bioelektrycznej czynności mózgu, a co za tym idzie – stanu czynnościowego ośrodkowego układu nerwowego. Elektroencefalografia to badanie elektrofizjologiczne, które wykorzystuje fakt, że komórki mózgowe komunikują się ze sobą przy pomocy impulsów elektrycznych o niewielkim napięciu i natężeniu.

w Częstochowie w dwóch etapach. Pierwszy ich etap polegał na obserwacji pracy mózgu i ocenie już istniejących indywidualnych predyspozycji badanych w stanie spoczynku. Drugi etap badań polegał na analizie pracy mózgu tych samych osób w określonych warunkach podczas aktywnej pracy na stanowisku komputerowym podczas pracy z programem multimedialnym wykorzystującym efekty symulacji działania układów cyfrowych.

Analizie poddane zostały następujące zarejestrowane przebiegi fal:

a) **THETA (fala wolna o częstotliwości 6 Hz)**. Jest nazywana bramą do nauki i pamięci. Towarzyszy zwiększaniu kreatywności, procesom uczenia się. Redukuje stres, budzi intuicję i inne pozazmysłowe percepcje i umiejętności. Subiektywne stany emocjonalne: intuicyjny, twórczy, fantazjujący, obrazowy, twórczy.

b) **BETA1 (z grupy BETA, fala szybka o częstotliwości 16 Hz)**. Sprzyja inspirującej energii, towarzyszy działaniu, charakteryzuje logiczne i analityczne myślenie, zaangażowanie intelektualne, werbalną komunikację. Wyższe częstotliwości fal Beta obrazują stres, agresję, strach. Subiektywne stany emocjonalne: pobudzenie i czujność, umysł jest skupiony. Zadania wykonywane są szybko, łatwo, pracuje z pełną uwagą. W tym stanie neurony przemieszczają się w błyskawicznym tempie. Można realizować ambitne cele, osiągać szczyty. Towarzyszy błyskawicznemu rodzeniu się nowych pomysłów. Są też pomocne w przygotowywaniu się do egzaminu, uprawianiu sportu, prezentacji. Umożliwiają prezentację, szybką analizę i organizowanie informacji i każdą inną działalność, gdzie potrzebny jest świeży, szybko działający mózg, kluczowe narzędzie dla uzyskania sukcesu.

c) **GAMMA (fale szybkie o częstotliwości 40 Hz)**. Obrazuje subiektywne stany emocjonalne: myślenie, integracyjne myślenie, procesy skojarzeniowe. Czynności i zachowania: przetwarzanie informacji o najwyższym stopniu trudności, wiążące różne modalności i skojarzenia. Uważa się, iż prezentują najbardziej wydajną pracę umysłową i twórczą. Jak wykazały badania, ich amplituda wzrasta, gdy osoba badana koncentruje uwagę na źródle bodźca. Funkcjonalna rola tych oscylacji wydaje sie związana z łączeniem cech obiektu w jego spójna reprezentacje.[4]

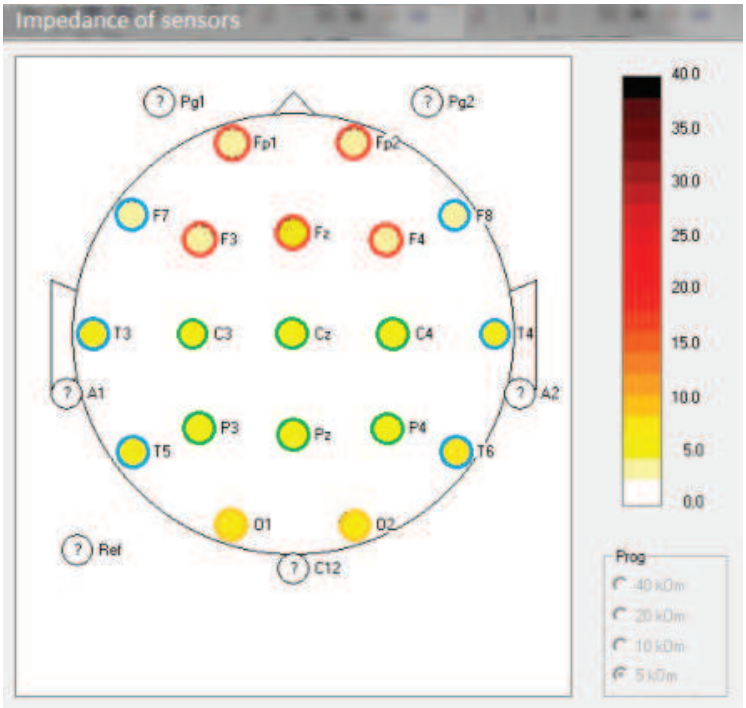
Sygnały elektromagnetyczne zostały odczytane z czujników umieszczonych w wybranych miejscach ciała i głowy, które w ujęciu poruszanego problemu wykazują największą aktywność pracy w:

– płacie potylicznym (m.in. odpowiedzialnym za analizę koloru, ruchu, kształtu, głębi, skojarzenia wzrokowe, ocena, wybór decyzyjny);

[4] Na postawie http://www.neurobiofeedback.pl

- płacie skroniowym (m.in. odpowiedzialnym za słuch muzyczny, fonematyczny, wrażenia dźwiękowe, rozumienie mowy, rozpoznawanie obiektów, kategoryzację obiektów, pamięć werbalną, zapamiętywanie);
- płacie ciemieniowym (m.in. odpowiedzialnym za rozumienie języka symbolicznego, pojęć abstrakcyjnych, geometrycznych);
- płacie czołowym (m.in. odpowiedzialnym za kojarzenie znaczenia i symboliki słów, kojarzenie sytuacji, pamięć roboczą, wolę działania, relacje czasowe, kontrolę sekwencji zdarzeń, planowanie i inicjację działania w odpowiedzi na zdarzenia zewnętrzne, symulacje w modelu świata).

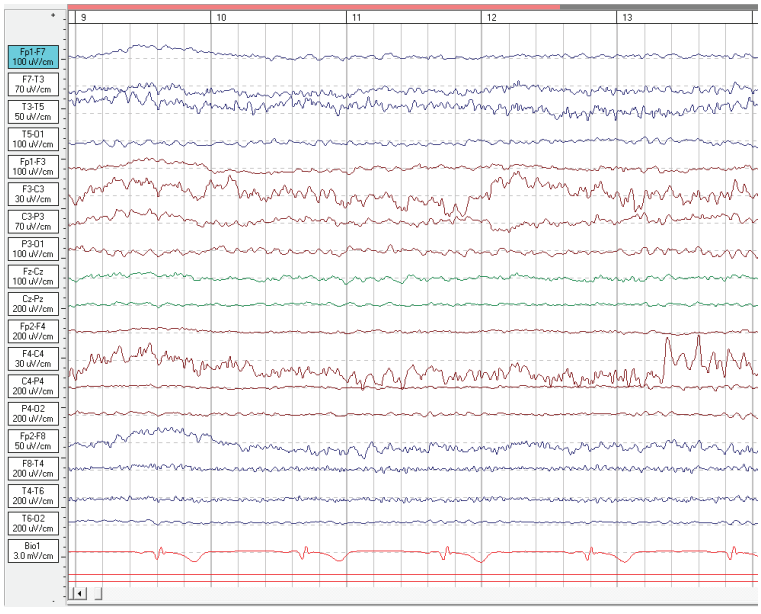
Efekty badań



Rys. 1. Zdjęcie poglądowe rozmieszczenia czujników podczas badania EEG (kolor: czerwony – płat czołowy, zielony – płat ciemieniowy, niebieski – płat skroniowy, żółty – płat potyliczny)

	Delta		Theta		Alpha		Beta1		Beta2		Gamma	
	%	Hz	%	Hz	%	Hz	%	Hz	%	Hz	%	Hz
Fp1-F7	8.81	1.50	1.62	4.00	0.41	7.50	0.06	14.25	0.04	23.75	0.01	31.25
F7-T3	11.85	1.50	2.83	4.00	0.94	8.50	0.16	15.25	0.11	20.00	0.02	35.75
T3-T5	15.59	1.50	4.07	4.00	2.25	8.50	0.63	14.75	0.23	21.75	0.03	35.75
T5-O1	12.15	1.50	2.52	4.25	1.45	10.75	0.22	15.25	0.04	20.75	0.00	31.25
Fp1-F3	13.59	1.50	3.23	4.25	0.79	7.75	0.09	17.25	0.05	22.75	0.02	35.75
F3-C3	15.27	1.50	2.85	4.00	0.67	7.75	0.08	14.75	0.03	20.00	0.00	35.75
C3-P3	14.08	1.50	4.00	4.00	1.76	8.50	0.42	14.25	0.13	20.00	0.01	31.25
P3-O1	21.88	1.50	6.08	4.00	3.79	8.50	0.70	14.00	0.14	20.75	0.00	31.25
Fz-Cz	20.95	1.50	4.81	4.00	1.29	7.50	0.11	15.25	0.05	22.75	0.01	35.75
Cz-Pz	20.10	1.50	6.21	4.00	2.76	7.75	0.41	14.00	0.14	20.75	0.02	31.25
Fp2-F4	12.56	1.50	2.66	4.00	0.70	8.00	0.06	16.75	0.04	20.00	0.01	33.25
F4-C4	16.46	1.50	3.75	4.00	1.46	7.50	0.26	14.00	0.08	20.00	0.01	33.25
C4-P4	13.54	1.50	3.80	4.00	1.93	8.00	0.40	15.25	0.14	20.00	0.01	31.25
P4-O2	6.80	1.50	2.31	4.00	2.00	9.00	0.53	14.25	0.11	20.00	0.00	31.25
Fp2-F8	10.89	1.50	1.73	4.25	0.53	7.50	0.05	14.25	0.01	20.75	0.00	33.25
F8-T4	14.48	1.50	4.13	4.25	2.54	8.00	0.77	16.25	0.61	20.75	0.12	35.75
T4-T6	22.36	1.50	5.48	4.00	3.64	9.00	1.06	14.75	0.51	21.75	0.10	31.25
T6-O2	12.61	1.50	2.75	4.00	1.60	10.75	0.33	14.00	0.05	20.75	0.00	30.00

Rys. 2. Przykład odczytanych wartości sygnałów z poszczególnych czujników dla stanu spoczynku

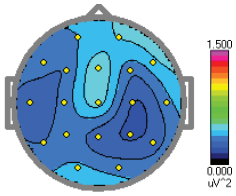
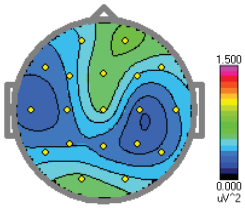
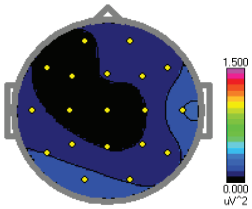
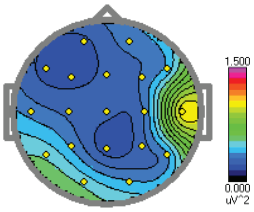
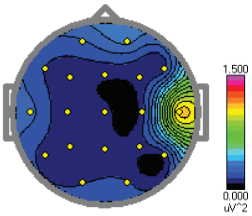
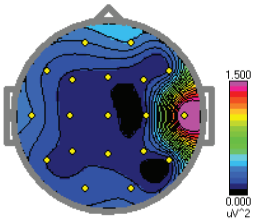


Rys. 3. Przykładowa charakterystyka częstotliwościowa sygnałów odczytanych z poszczególnych sond w stanie aktywnej pracy mózgu



Rys. 4. Badanie EEG w Laboratorium Badań Eksperymentalnych Biofeedback

Tabela 1. Przykładowa mapa mocy (elektroencefalogram) widma EEG wyrażona w μV dla określonych pasm częstotliwości

Rodzaj fali	**W stanie spoczynku badanego**	**W stanie aktywności (pracy) badanego**
THETA		
BETA1		
GAMMA		

Wnioski

W stanie aktywnym obserwujemy wzmożoną aktywność pracy mózgu w różnych jego miejscach i dla wszystkich obserwowanych częstotliwości.

Obecność rytmu EEG wskazuje, że mózg wykonuje jakąś działalność, angażując jednocześnie miliony komórek, które działają w synchronicznym trybie.

Wyniki pomiarów zostały przedstawione dla wybranego momentu rejestracji i przyjmują oczywiście zmienne wartości w funkcji czasu.

Przeprowadzone pomiary prądów czynnościowych wytwarzanych przez komórki nerwowe dla fazy odpoczynku wskazują na zróżnicowany rozkład ich wartości dla każdej z badanych osób przed przystąpieniem do eksperymentu, co może świadczyć o indywidualnych, wcześniej nabytych zdolnościach (jak i patologiach) i preferencjach (amplituda jest traktowana jako wskaźnik stanu wzbudzenia).

Wzrost amplitudy prądów czynnościowych wytwarzanych przez komórki nerwowe dla poszczególnych częstotliwości mierzonych fal w określonych umiejscowieniach sond jest efektem pobudzenia określonych płatów mózgu, które zgodnie z dotychczasową wiedzą medyczną są odpowiedzialne za określone wzorce zachowania i postępowanie człowieka.

Wykorzystanie czynnika eksperymentalnego w postaci oprogramowania symulacyjnego znacząco wpłynęło na wzrost aktywności pracy poszczególnych obszarów mózgu.

Zastosowanie metody badań EEG umożliwia ocenę predyspozycji wejściowych osoby badanej, wskazując na indywidualne możliwości poznawcze badanej osoby, czego efektem mogą być wcześniej nabyte umiejętności i rozwinięte zdolności.

Zauważono, iż mózg jest nieustannie aktywny, zarówno w fazie odpoczynku, jak i wzmożonej pracy, dlatego też wszelkie bodźce docierające do niego w postaci chociażby zmiennych zakłócających mają istotny wpływ na jego pracę. Dlatego też w ujęciu efektywności uczenia się istotne są odpowiednie, sprzyjające warunki zewnętrzne do nauki, każdy zbędny i niepożądany sygnał dochodzący z zewnątrz ma wpływ na przebieg pracy.

Efektywność nauczania zależy nie tylko od czasu, ale również od głębokości przetwarzania informacji, a to oznacza, że proces uczenia się zależy w dużej mierze od jakości materiałów edukacyjnych i rodzaju uczniowskiej aktywności.

Program symulacyjny ze względu na własne cechy dydaktyczne pobudza praktycznie wszystkie obszary pracy mózgu, co dostrzeżono u większości badanych osób.

Podczas badań zaobserwowano również, iż nie u wszystkich badanych osób aktywność pracy mózgu była identyczna i przewidywalna, a więc należy przyjąć, iż programy symulacyjne są różnie postrzegane przez każdą z nich.

Środki dydaktyczne mogą optymalizować środowiskowe i intrapsychiczne zmienne wpływające bezpośrednio na proces zdobywania wiedzy.

Na podstawie badań EEG można, metodą psychoterapii łączącej w sobie najnowsze osiągnięcia z dziedziny neurologii, neuropsychologii i neuropsychiatrii, z równoczesnym wykorzystywaniem nowoczesnych technik komputerowych (tzw. Biofeedback), przeprowadzić specjalistycznie uwarunkowany trening prowadzący do wzrostu walorów funkcji poznawczych mózgu oraz jakościowego poprawienia pracy mózgu. Podstawą tej metody jest wykorzystywanie „plastyczności mózgu" polegającej na zdolności neuronów do trwałych przekształceń funkcjonalnych.

W elektroencefalografii możemy analizować bezpośrednie zmiany potencjału, generowane przez komórki w mózgu – czyli aktywność spontaniczną oraz fale pozostające w ścisłym związku z określonymi zdarzeniami – tzw. potencjały wywołane. Mogą być one egzogenne (ich cechy zależą od właściwości fizycznych bodźca) lub endogenne (zależą od aktywności własnej podmiotu).

Literatura

[1] Carr N., The Shallows: How the Internet is Changing the Way We Think, Read and Remember, Publ. Atlantic Books, 2011.
[2] Carr N., The Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains, (tł. Płytki umysł. Jak internet wpływa na nasz mózg), Wydawnictwo Helion, Gliwice 2012.
[3] Cattell R.B., The Scientific Use of Factor Analysis in Behavioral and Life Sciences, Publ. Springer, 2012.
[4] Depesova J., Vargova M., Noga H., Edukacja techniczno-informatyczna w opinii nauczycieli, Uniwersytet Pedagogiczny, Kraków 2008, 149–157.
[5] Instytut Badań Edukacyjnych, http://www.ibe.edu.pl.
[6] Majewska M., Elektroencefalografia (EEG) to badanie rozpoznające choroby mózgu. Na czym polega EEG?, http://www.poradnikzdrowie.pl.
[7] Ministerstwo Edukacji Narodowej, http://www.men.gov.pl.
[8] Morbitzer J., O nowej kulturze uczenia się, 23 Sympozjum Człowiek – Media – Edukacja, Kraków 2013, http://youtu.be/Py72ODtZeSg.
[9] Noga H., Piaskowska-Silarska M., Depešová J., Pytel K., Migo P. (2014). Neurodidactic perspective of creative attitude towards education in the third millennium – examination of individual cases, Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA), 2014 IEEE 12th International Conference on. 355–360.
[10] Prauzner T., Blended learning: nowa metoda nauczania, Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Edukacja Techniczna i Informatyczna, Wydawnictwo Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, red. A. Gil, Częstochowa 2010, s. 109–114.

[11] Prauzner T., Applications of multimedia devices as teaching aids, Annales UMCS Informatica AI X, 1(2010), red. R. Szczygieł, Wydawnictwo Maria Curie-Skłodowska University in Lublin 2010, s. 167–175, DOI: http://dx.doi.org/10.2478/v10065-010-0046-4.
[12] Prauzner T., Bezpieczeństwo kulturowe a globalizm, Edukacja XXI wieku, nr 22, nt. Jakość wobec wyzwań i zagrożeń XXI wieku, red. A. Zduniak, R. Reclik, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2010, s. 340–344.
[13] Prauzner T., Edukacja i wychowanie w wirtualnej przestrzeni, IKT vo vzdelani, red. M. Vargova, Wyd. Uniwersytet Konstantyna Filozofa w Nitra 2014, s. 34–45.
[14] Prauzner T., Edukacja medialna w aspekcie przemian cywilizacyjnych, Edukacja XXI wieku nt.: Podmiotowość w edukacji wobec odmienności kulturowych oraz społecznych zróżnicowań, red. M. Walachowska, A. Zduniak, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2013, s. 137–143.
[15] Prauzner T., Funkcja nowoczesnych aplikacji informatycznych w realizacji projektu inżynierskiego na przykładzie dydaktyki szkoły wyższej, Edukacja – Technika – Informatyka, Wybrane problemy edukacji informatycznej i informatycznej, Rocznik Naukowy, nr 5/2014, cz. 2, Rzeszów 2014, s. 134–140.
[16] Prauzner T., ICT education in practice, Edukacja ustawiczna dorosłych, red. H. Bednarczyk, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego, Radom, 2012, s. 130–140.
[17] Prauzner T., Information Technology in Contemporary Education – Individuals' Researche American Journal of Educational Research, 2013, Vol. 1, No. 10, 430–435, ISSN (Print): 2327-6126, ISSN (Online): 2327-6150 online http://www.sciepub.com/journal/education/CurrentIssue.
[18] Prauzner T., LifeLong Learning – edukacja przez całe życie, Prace Naukowe AJD, Edukacja Techniczna i Informatyczna, t. 6, red. A. Gil, Wyd. AJD, Częstochowa 2011, s. 163–170.
[19] Prauzner T., Nowoczesna szkoła – technologie cyfrowe a rozwój myśli o przekazywaniu wiedzy, Edukacja XXI wieku, nt. Podmiotowość w edukacji wobec odmienności kulturowych oraz społecznych zróżnicowań, red. N. Starik, A. Zduniak, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2012, s. 241–245.
[20] Prauzner T., Nowoczesne pomoce multimedialne w nauczaniu ustawicznym, Kształcenie Zawodowe: Pedagogika i Psychologia, r. XII 2010, Wydawnictwo Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, red. T. Lewowicki, Częstochowa 2010, s. 231–240.
[21] Prauzner T., Praktyczne wykorzystanie symulacji dźwięku w kształceniu technicznym studentów, Edukacja – Technika – Informatyka, red. W. Walat, Wydawnictwo Oświatowe FOSZE, Rzeszów 2013, s. 314–319.

[22] Prauzner T., Ptak P., Rola i miejsce multimedialnych pomocy naukowych w edukacji technicznej. Edukacja. Studia, Badania, Innowacje, nr 2/2010, s. 34–39.
[23] Prauzner T., Symulacja w komputerowym wspomaganiu nauczania, Informatyka w dobie XXI wieku, nt. Nauka, technika, edukacja a nowoczesne technologie informatyczne, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej im. Kazimierza Pułaskiego oraz Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego, red. A. Jastriebowa, M. Raczyńska, s. 272–280, 2011.
[24] Prauzner T., Technologia informacyjna – wybrane problemy społeczne, Edukacja – Technika – Informatyka, nt. Wybrane problemy edukacji informatycznej i informacyjnej, Rocznik Naukowy, nr 3/2012, cz. 2, red. W. Walat, Wyd. FOSZE, Rzeszów 2012, s.39–45.
[25] Prauzner T., Technologie informacyjne w edukacji ustawicznej, Edukacja nieustająca wyzwaniem społeczeństwa informacyjnego, red. M. Gawrońska-Garstka, A. Zduniak, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2010, s. 279–285.
[26] Prauzner T., Tworzenie treści dydaktycznych w kształceniu e-learningowym w aspekcie prawnym, EduAkcja. Magazyn edukacji elektronicznej nr 2 (6)/2013, s. 38–43, http://www.eduakcja.eu/.
[27] Prauzner T., Wpływ nowoczesnych mass mediów na osobowość człowieka, Edukacja – Technika – Informatyka, Wyd. FOSZE, red. W. Walat, 2010, s. 46–51.
[28] Ptak P., Aplikacje pakietów programowych w dydaktyce przedmiotów technicznych. Edukacja–Technika–Informatyka, 2014, 2, s. 141–146, ISSN 2080-9069.
[29] Ptak P., Prauzner T., Zastosowanie programów komputerowych w dydaktyce przedmiotów technicznych, Journal of Technology and Information Education, nr 1/2011, s. 300–307.
[30] Ptak P., Programowalne systemy pomiarowe w wirtualnym środowisku badawczym. E-Technologies in Engineering Education eTEE'2014, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki PG, nr 37/2014, Gdańsk, s. 67–69, ISSN 2353-1290.
[31] Ptak P., Software package dasylab supporting research and teaching. E-Technologies in Engineering Education eTEE'2014, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki PG, nr 37/2014, Gdańsk, s. 71–74, ISSN 2353-1290.
[32] Sadlok M., Homo irretitus – indywidualista czy członek społeczeństwa obywatelskiego? http://www.racjonalista.pl, 2.12.2014.
[33] Żylińska M., Neurodydaktyka. Nauczanie i uczenie się przyjazne mózgowi, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, 2013.