

## STEROWANIE MODELEM POJAZDU ZA POMOCĄ INTERFEJSU MÓZG-KOMPUTER

Marek Derdziński <sup>1</sup>, Dariusz Mikołajewski <sup>\*2</sup>, Janusz Łukowski <sup>2</sup>

<sup>1</sup> magistrant kierunku mechatronika

<sup>2</sup> Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Wydział Matematyki, Fizyki i Techniki, Instytut Mechaniki i Informatyki Stosowanej, ul. Kopernika 1,  
85-074, Bydgoszcz, Polska  
e-mail: dmikolaj@ukw.edu.pl

**Streszczenie:** Celem pracy było zbudowanie układu sterowania prostym modelem pojazdu za pomocą interfejsu mózg-komputer (ang. brain computer interface - BCI). Omówiono zasadę działania BCI oraz wykorzystanie BCI w mechatronice, w tym na potrzeby interdyscyplinarnych badań kognitywistycznych (nauk o poznaniu). W dalszej części pracy Autorzy skupili się na opisie modelu, który posłużył do przeprowadzenia badania, ze szczególnym uwzględnieniem współdziałania BCI oraz Arduino. Czwarta część pracy dotyczy badania działania zbudowanego rozwiązania technicznego przeprowadzonego na grupie osób w wieku 8-54 lat.

**Słowa kluczowe:** mechatronika, inżynieria biomedyczna, interfejs mózg-komputer.

### Control of the car model using brain computer interface

**Abstract:** This article aims at construction of the brain-computer interface (BCI) - based control system of the car model. Article describes BCI's rules of operation and BCI applications in mechatronics, including interdisciplinary cognitive sciences. Further part of the article is focused on description of the model used in the research, particularly on BCI-Arduino cooperation. The last part of the article shows research on subjects aged 8-54 years concerning BCI use to control car model.

**Keywords:** mechatronics, biomedical engineering, brain-computer interface.

#### 1. Wstęp

Interfejsy mózg-komputer (ang. *brain computer interface* - BCI.) są największym osiągnięciem w dziedzinie interfejsów człowiek komputer (ang. *human computer interface* - HCI), gdyż dzięki połączeniu wielu dziedzin naukowych takich jak medycyna, psychologia, informatyka i technika człowiek zyskał urządzenie, które pozwala na wymianę informacji bezpośrednio między umysłem użytkownika a urządzeniem, z którego korzysta.

Każda technologia przechodzi przez trzy fazy rozwoju, zanim zostanie wdrożona. Pierwszą fazą określa się jako fazę początkową lub koncept. Polega ona na zdefiniowaniu do czego technologia ma się przydać oraz znaleźć jej praktyczne zastosowanie. Trzeba również przewidzieć, jak

odbiorca zareaguje na innowację. Przy każdym nowym sposobie komunikacji między człowiekiem a maszyną występuje szok. Tak było w przypadku interfejsów takich jak mysz lub touchpad, które pozwalają na przesuwanie kursora widzianego na monitorze. BCI ma tę fazę już za sobą a użytkownicy komputerów czy innych bardziej zaawansowanych technologii, wiedzą, że istnieją sposoby na przesyłanie swoich myśli bezpośrednio do urządzenia końcowego w formie rozkazu zrozumiałego dla urządzenia.

Druga faza polega na emulacji rozwiązania w środowisku zbliżonym do rzeczywistego, w przypadku pierwszych interfejsów mózg-komputer, polegało to na emulacji klawiatury lub myszy. Urządzenie EMOTIV EPOC, pozwala na mapowanie klawiszy klawiatury pod wcześniej

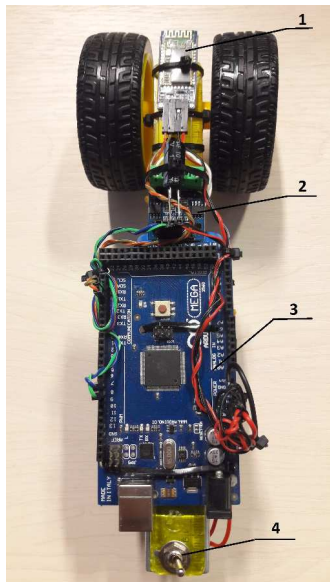
określoną aktywność mózgu. Podczas tej fazy projekt przestaje być tylko koncepcją oraz powstają już pierwsze prototypy rozwiązania.

Trzecia faza, to faza dojrzałości technologii do powszechnego użytku. Trwa ona najdłużej, gdyż polega na integracji użytkownika z technologią oraz ulepszaniu technologii na podstawie informacji zbieranych od użytkowników przez lata. Przykładem interfejsów, które ciągle się rozwijają a obecnie są dla nas niezastąpione to mysz i klawiatura. Można zauważyć, że technologia BCI przechodzi z fazy drugiej do trzeciej, wskazując na to coraz większa ilość urządzeń takich jak EPOC czy Necomimi, które zbierają i przetwarzają informację bezpośrednio z mózgu [1-9].

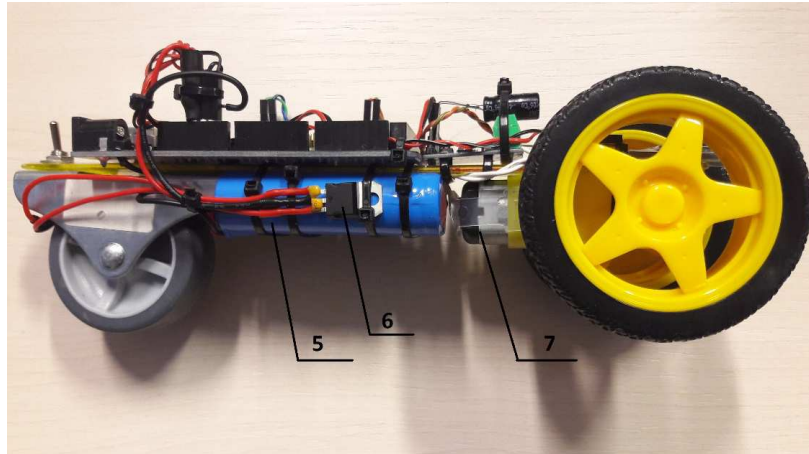
## 2. Implementacja

Pojazd został zbudowany z następujących części:

1. moduł Bluetooth,
2. moduł mostek H L9110S,
3. płyta Arduino MEGA,
4. włącznik/wyłącznik,
5. dwa akumulatory 4V 18650 2200mAh,
6. silnik.

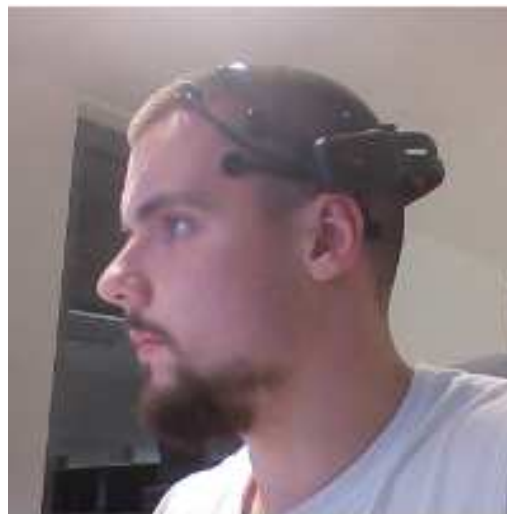


**Rysunek 1.** Widok pojazdu z góry.



**Rysunek 2.** Widok pojazdu z boku.

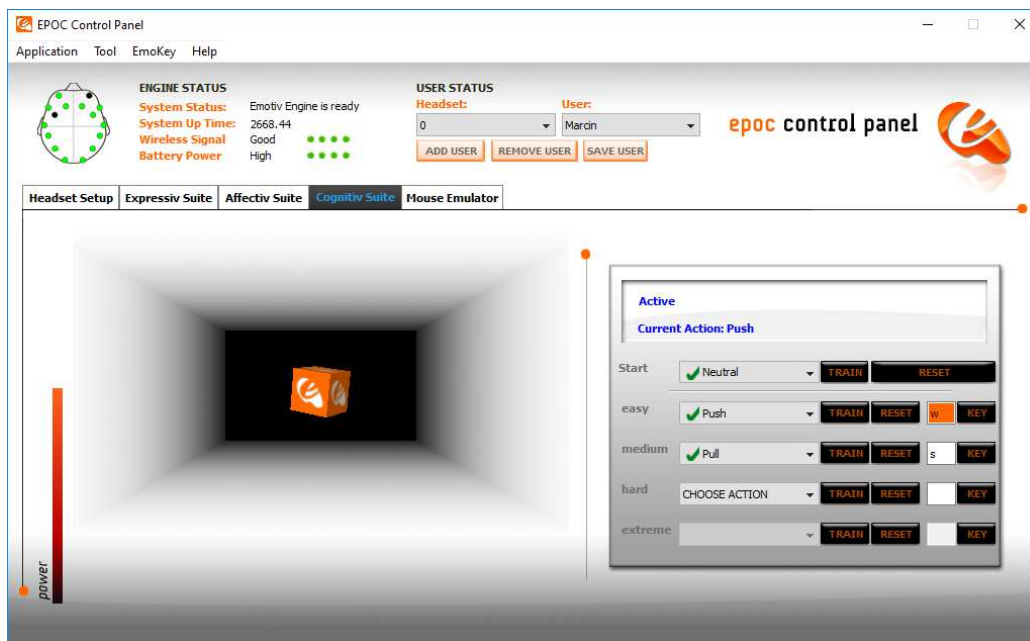
Do sterowania wykorzystano Emotiv EPOC z 14 elektrodami mokrymi.



**Rysunek 3.** Pierwszy autor korzystający z urządzenia Emotiv EPOC.

Płyta łączy się z laptopem za pomocą modułu Bluetooth oraz programu „Putty”, który pozwala na połączenie się z odpowiednim portem (port COM8). W programie mapuje się od jednego do czterech kanałów, które odpowiadają za wcześniej zdefiniowane sygnały EEG generowane przez odpowiednie bodźce. Przetworzone tak informacje oraz zmapowane pod

odpowiednie klawisze są odczytywane jako rozkazy przez „Putty” i wysyłane do pojazdu. Dzięki temu pojazd porusza się do przodu lub do tyłu. Trening kanałów oraz mapowanie można wykonać w zakładce „Cognitiv Suite”, gdzie dzięki wizualizacji możliwa jest obserwacja z jaką siłą użytkownik oddziałuje na dany klawisz a na wizualizacji na daną czynność.



Rysunek 4. „Cognitive Suite” podczas działania.

### 3. Badanie

Obserwacja miała wskazać jakie czynniki, są odpowiedzialne za przystosowanie użytkownika do nowego interfejsu komunikacji z urządzeniami. Aby osiągnąć zamierzony cel autor opracował badanie, które polegało na:

- przygotowaniu stanowiska dla pojazdu,
- założeniu headsetu Emotiv EPOC badanemu użytkownikowi,
- włożeniu dongla do portu USA w celu zapewnienia komunikacji między Emotiv EPOC a laptopem Lenovo T470P,
- uruchomieniu headsetu Emotiv EPOC,
- konfiguracji ustawień dla danego użytkownika,
- mapowaniu klawiszy dla akcji „jazdy w przód” i „jazdy w tył”,
- umieszczeniu pojazdu na trasie,
- sparowaniu pojazdu z laptopem za pomocą urządzenia Bluetooth,
- włączenie aplikacji Putty,

- konfiguracji połączenia w programie Putty, aby rozkazy były przyjmowane z odpowiedniego portu,
- pięciominutowe sesji polegającej na prowadzeniu pojazdu bez wcześniejszego treningu poznawczego,
- wyłączeniu pojazdu.
- piętnastominutowej sesja treningowej z użyciem Cognitive Suite,
- ponownym uruchomieniu pojazdu i połączenie go z laptopem za pomocą Bluetooth oraz Putty,
- ponownej pięciominutowej sesji polegającej na prowadzeniu pojazdu.

Użytkownik miał za zadanie pokonać pojazdem odległość jednego metra używając jedynie Emotiv EPOC jako interfejsu komunikującego się z pojazdem. Dane dotyczące populacji, biorącej udział w badaniu zostały poddane uśrednieniu, wyznaczeniu minimalnego wieku oraz maksymalnego dla obu płci. Została obliczona mediana oraz odchylenie standardowe. Na podstawie zebranych informacji zostało przeprowadzone porównanie wyników, uwzględniając płeć oraz wiek badanych.

**Tabela 1.** Płeć w grupie badanej

Płeć	Liczba badanych	
Mężczyźni	12 osób	60%
Kobiety	8 osób	40%

Tabela 2. Wiek w grupie badanej

Wiek [lata]			
Wszystkich badanych		Kobiety	Mężczyźni
Wiek minimalny	8	11	8
Wiek maksymalny	54	54	42
Średnia wieku	27,9	30,25	26,33
Mediana	28	29,5	27,5
Odchylenie standardowe	12,85	12,02	9,25

#### 4. Wyniki

Wyniki osiągnięte w grupie badanej przedstawiono w kolejnych tabelach.

Tabela 3. Czasy osiągnięte przez poszczególne osoby w grupie badanej.

Płeć	Pomiar pierwszy[s]	Pomiar drugi[s]	Płeć	Pomiar pierwszy[s]	Pomiar drugi[s]
K	300s	300s	M	300s	294s
K	281s	300s	M	300s	258s
K	300s	268s	M	263s	221s
K	300s	291s	M	300s	300s
K	300s	300s	M	300s	300s
K	300s	296s	M	300s	232s
K	300s	252s	M	300s	271s
K	280s	257s	M	300s	300s
			M	272s	263s
			M	300s	281s
			M	300s	300s
			M	280s	244s
Średni czas K	295s	283s	Średni czas M	293s	272s

Tabela 5. Średnie czasy osiągnięte przez grupę młodszą i starszą z podziałem na płeć z uwzględnieniem mediany wieku.

Płeć	Pomiar pierwszy[s]		Pomiar drugi[s]		Płeć	Pomiar pierwszy[s]		Pomiar drugi[s]	
	Poniżej mediany	Powyżej mediany	Poniżej mediany	Powyżej mediany		Poniżej mediany	Powyżej mediany	Poniżej mediany	Powyżej mediany
K	4:55	4:48	4:55	4:38	M	4:53	4:34	4:52	4:29

Tabela 6. Porównanie wyników najmłodszej i najstarszej osoby w grupie badanych kobiet.

Najmłodsza badana osoba		Najstarsza badana osoba	
Pomiar I	Pomiar II	Pomiar I	Pomiar II
4:41min	5:00min	5:00min	4:28min
Komentarze		Komentarze	
Drugi przejazd zakończony porażką mimo udanej pierwszej próby. Użytkownik za drugim razem był dużo bardziej podekscytowany co sprawiło, że pojazd poruszał się chaotycznie przejazd zakończył się na 35cm we właściwym kierunku.		Pierwszy pomiar zakończony niepowodzeniem, pojazd przejechał 24 cm we właściwym kierunku.	

Tabela 7. Porównanie wyników najmłodszej i najstarszej osoby w grupie badanych mężczyzn.

Najmłodsza badana osoba		Najstarsza badana osoba	
Pomiar I	Pomiar II	Pomiar I	Pomiar II
5:00min	5:00min	4:32min	4:23min
Komentarze		Komentarze	
Pierwszy pomiar zakończony niepowodzeniem, pojazd przejechał 20cm w przeciwnym kierunku. Drugi pomiar zakończony niepowodzeniem, pojazd przejechał 36cm we właściwym kierunku, pojazdu poruszał się w przód i w tył bardzo chaotycznie.		Drugi przejazd nieco lepszy.	

## 5. Wnioski

Realizacja celów pracy przełożyła się na ukazanie wad jak i zalet obecnie dostępnych na rynku interfejsów mózg-komputer, w szczególności Emotiv EPOC. Zaobserwowano trudności w opanowaniu przez nowych użytkowników niewielkiej nawet ilości funkcjonalności oferowanych przez urządzenie. Autor potwierdził tezę, że BCI może zostać wykorzystane do sterowania prostym pojazdem. Wnioski zawarte w pracy jasno wskazują, że mechatronika jako interdyscyplinarna dziedzina nauki jest idealnym podłożem do dalszych badań nad interfejsami mózg-komputer.

W niniejszej pracy pokazano nowe podejście umożliwiające oswojenie się użytkownika z nowym rodzajem interfejsu sterującego urządzeniami, aplikacjami oraz pojazdami. Nie uniknięto jednak skutków ograniczeń wynikających z braku wiedzy autora na temat psychologii oraz neurologii. Autor nie mógł opracować prostszego algorytmu wykorzystującego jedynie obszary mózgu, które byłyby odpowiedzialne za przetwarzanie impulsu wywołanego myślą o sterowaniu pojazdem. Sam sprzęt firmy Emotiv jest sprzętem komercyjnym, przeznaczonym obecnie dla ludzi chcących zgłębić podstawy sterowania za pomocą interfejsu mózg-komputer. To prowadzi do oczywistych wniosków, że sprzęt musi być kompatybilny

z jak największą ilością użytkowników kosztem efektywności. Kolejnym ograniczeniem w czasie pracy były awarie jednej z elektrod urządzenia EPOC, które nie jest przeznaczone do ciągłego użycia na dużej grupie osób. Stawia to kolejne wyzwanie przed opisywaną grupą rozwiązań - opracowanie prostych, efektywnych i wytrzymałych BCI powszechnego użytku. Autor nie był w stanie określić jaki wpływ na badanie oraz szybkość przesyłania informacji miał rodzaj połączenia między urządzeniem BCI a pojazdem zastosowany w czasie eksperymentu.

Zaprezentowana koncepcja badań oraz uzyskane wyniki pozwalają na rozważenie pewnych korekt w proponowanej metodologii badań. Przede wszystkim autor postawiłby większy nacisk na autonomiczność rozwiązania i postarał się połączyć pojazd bezpośrednio z interfejsem BCI. Kolejnym aspektem byłoby zmienienie kryteriów, zamiast badać jak szybko losowy użytkownik potrafi przystosować się do używania interfejsów mózg-komputer. W grupie docelowej znalazłby się jedynie ludzie niepełnoletni oraz osoby po pięćdziesiątym roku życia, aby porównać również wpływ wieku na szybkość reakcji na bodziec oraz czas, w jakim nastąpi wywołanie potencjału. To z kolei prowadzi do konkluzji, iż autor mógł dążyć do poprawy obiektywizacji badania poprzez randomizację różnych metod/technik sterowania: od paradygmatu P300 poprzez ERS/ERD aż po SSVEP czy też losowy dobór jednego z kilku sterowanych pojazdów. Może to doprowadzić do opracowania zupełnie nowej grupy badań psychotechnicznych, lepiej dopasowanych do specyfiki społeczeństwa cyfrowego i sterowania za pomocą BCI.

Emotiv EPOC jako interfejs pozwalający na komunikację z otoczeniem wykazał bardzo dużą podatność na zmianę stanu skupienia użytkownika. Możliwe jest opanowanie sterowania w dużo lepszym stopniu już po 30 minutach treningu z urządzeniem. Interfejs może być używany przez osoby w różnym wieku, jednak nadaje się on jedynie do celów komercyjnych. Zaobserwowano również, że użytkownicy w średnim wieku przystosowywali się szybciej do nowego sposobu sterowania urządzeniem. Inne bardziej rozwinięte interfejsy BCI oraz metody badań bazujące na sygnałach EEG, pozyskiwanych również

w sposób inwazyjny mogą nadawać się do diagnostyki. Obecnie interfejsy BCI działają również jako implanty oraz urządzenia zapewniające nowy sposób komunikacji.

Obecnie badania powinien skupić się na sposobie dostosowania interfejsu, tak aby był jak najbardziej intuicyjny, gdyż badanie wykazało, iż lepiej z interfejsem radzą sobie osoby starsze, które miały więcej styczności z technologią niż osoby w wieku kilku czy kilkunastu lat.

### Literatura

1. Bochenek A., Reicher M. Anatomia człowieka., t. IV, wyd. V, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 2004.
2. Hulewicz A., Jukiewicz M. Analiza sygnałów EEG na potrzeby interfejsu mózg-komputer, Politechnika Poznańska, Wydział Elektryczny, Poznań, 2014.
3. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Niepełnosprawność – zagadnienia, problemy, rozwiązania, Interfejsy mózg-komputer jako rozwiązania dla osób niepełnosprawnych z uszkodzeniami układu nerwowego, 2012: 20-28.
4. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Interfejsy mózg-komputer – zastosowania cywilne i wojskowe, „Kwartalnik Bellona” 2011; 2:127.
5. Kołodziej M. Przetwarzanie, analiza i klasyfikacja sygnału EEG na użytek interfejsu mózg-komputer., Warszawa, 2011.
6. Jukiewicz M. Koncepcja sterowania małym pojazdem za pomocą interfejsu mózg-komputer, Poznan University of Technology Academic Journals, Poznań 2013.
7. Igoe T. Spraw, by rzeczy przemówiły. Programowanie urządzeń elektrycznych z wykorzystaniem Arduino, Wydawnictwo HELION, Warszawa 2013.
8. Sakkalis V., Modern Electroencephalographic Assessment Techniques: Theory and Applications., Human Press, Heraklion, 2015; 250-260.
9. Smalec Z. Wstęp do mechatroniki. Politechnika Wrocławska, Wrocław, 2010.