

Porównanie indeksów zaangażowania w grze wyścigowej z wykorzystaniem neuronauki poznawczej

Mariusz Borawski*, Konrad Biercewicz**

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Abstrakt

Popularność gier wideo powoduje, że istnieje zapotrzebowanie na metody pozwalające na ocenę ich zawartości pod kątem zadowolenia gracza już na etapie produkcyjnym. Do tego celu można wykorzystać indeksy stosowane w badaniach z użyciem EEG. W niniejszej publikacji porównano pięć różnych indeksów pomiaru zaangażowania odbiorcy w grze wideo wykorzystując urządzenia, tj. EEG, Eye Tracker. Badanie przeprowadzono z wykorzystaniem gry wyścigowej stworzonej w Unity na podstawie obserwacji dwóch odbiorców. Dzięki, EGG spośród badanych indeksów wybrano najbardziej odpowiedni.

Słowa kluczowe – EEG, Eye Tracker, indeks zaangażowania

* E-mail: mborawski@wi.zut.edu.pl

** E-mail: kbiercewicz@poczta.onet.pl

1. Wprowadzenie

Gry komputerowe u osoby uczestniczącej w rozgrywce wywołują wiele emocji m.in. ekscytację, chęć rywalizacji czy też dobrą zabawę i relaks. Twórcom gier najbardziej zależy, aby gracz osiągnął stan zaangażowania w grę do takiego stopnia, że nie będzie chciał przerywać aktualnie wykonywanej aktywności. Innymi słowy, potrafi poświęcić na daną czynność cały swój czas, nie myśląc o niczym innym.

W związku z tym, aby wyzwolić u odbiorcy taki stan, gra powinna być niesza-blonowa, wymuszać kreatywność, muszą pojawiać się nieoczekiwane zwroty akcji, aby w pełni utrzymać zaangażowanie gracza i zachęcić go do odkrywania kolejnych obszarów gry.

Po pierwsze w celu oceny czy uczestnik nie zniechęca się rozgrywką, a także zapewnienia firmie wzrostu przychodów, należy wprowadzić badania m.in. nad zaangażowaniem uczestnika w rozgrywkę. Ponadto rosnąca społeczność graczy wideo, powoduje zapotrzebowanie wśród twórców gier na lepsze podejście do wskazywania, kiedy i w jakim momencie zainteresowanie gracza się zmienia. Po takim zbadaniu jesteśmy w stanie zapewnić im ciągłą rozrywkę. Warto również zauważyć, że polski rynek gier komputerowych wynosi ponad 500 mln USD [1] i jego wartość ciągle rośnie.

Z pozoru może wydawać się, że ocena zaangażowania gracza podczas rozgrywki w grę wideo jest dość łatwym zadaniem. Nie do końca tak jest, o czym świadczą, zamieszczone przez producentów w kodzie źródłowym metody, które na przykład zliczają, ile ciosów wyprowadził gracz, ile razy rozegrał konkretny poziom itd. Nie są w stanie sprawdzić w czasie rzeczywistym np. na co gracz patrzy, jakie towarzyszą mu emocje. Doskonałym przykładem może być udostępniona przez Ubisoft infografika o Assassin's Creed III (rysunek 1).

Informacje zawarte na rysunku 1 przedstawiają, że gracze spędzili ponad 82 stulecia w trybie dla pojedynczego gracza, natomiast dla trybu wieloosobowego jedynie 5 wieków.

Porównując np. statystyki zabójstw w obydwu trybach widać, że więcej zabójstw miało miejsce w trybie pojedynczego gracza – ponad 3 miliardy, natomiast dla trybu wieloosobowego – 250 milionów.



Rysunek 1. Infografika przedstawiająca statystyki z gry Assassin's Creed III [2]

Jeżeli gra jest stworzona w silniku Unity producent może skorzystać z gotowego modułu, czyli Unity Analytics i zrozumieć, dlaczego osoby grają w jego grę lub też wręcz przeciwnie, dlaczego z niej rezygnują. Rozumiejąc osoby uczestniczące w rozgrywce i sposób ich gry, można dokonać ulepszeń w grze.

Wykorzystując Unity Analytics można monitorować grę w następujących obszarach:

- Onboarding – czy gracze korzystają z mechanizmów takich jak tutorial lub poziomy początkowe?
- Progresja – czy gracze przechodzą kolejne poziomy gry?
- Ekonomia – czy gospodarka gry działa zgodnie z oczekiwaniami?
- Sprawdzenie poprawności projektu – czy zaprojektowana gra działa w prawidłowy sposób?
- Sprawdzenie poprawności aplikacji – czy wszystkie obszary aplikacji są wykorzystywane zgodnie z oczekiwaniami? Czy istnieją elementy, które gracze ignorują lub nie zauważają?
- Zarabianie – czy strategie zarabiania są optymalne?

Odnosząc się do literatury naukowej, w kilku badaniach zastosowano kwestionariusze, które nie do końca są dobrą formą zbadania doświadczenia gracza [3]. Problemy wynikają z sformułowania i kontekstu tych formularzy [4].

Nowe osiągnięcia w dziedzinie interfejsów mózg-komputer (ang. *brain-computer interface*, BCI) wykorzystujące bezprzewodowe systemy elektroencefalograficzne (EEG) zapewniają rejestrację i dostęp do aktywności neuronów, umożliwiając komputerowi pobieranie i analizowanie informacji z fal mózgowych. Wykazano, że EEG ma zdolność do określenia zaangażowania użytkownika. Pasma częstotliwości są wyznaczane z sygnału EEG z wykorzystaniem metody spektralnej np. transformaty Fouriera. EEG mierzone na skórze głowy odpowiada zapisowi o częstotliwościach od 0,5 do 30 Hz. W tym zakresie rozpoznawane są cztery podstawowe pasma [5]:

- Delta (0,5-4 Hz).

Fale mózgowie delty generowane są w najgłębszej medytacji i śnie. Fale delta zawieszają świadomość zewnętrzną i są źródłem empatii. W tym stanie pobudzane jest leczenie i regeneracja, dlatego głęboki sen odtwórca jest tak istotny dla procesu zdrowienia.

- Theta (4-8 Hz).

Fale mózgowie theta występują najczęściej w śnie, ale są również dominujące w głębokiej medytacji. Fale theta zauważane są m.in. podczas nauki lub podczas zapamiętywania.

- Alfa (8-12 Hz).

Aktywność alfa jest najlepiej widoczna w regionach tylnych mózgu i jest typowa dla relaksu. Występuje podczas zamykania oczu.

- Beta (12-30 Hz).

Aktywność beta można podzielić na fale o niskiej aktywności (12-15 Hz), średnie fale (15-20 Hz) i wysokie fale (18-30 Hz). Średni zakres aktywności beta związany jest ze wzrostem energii, lęku, wydajności i koncentracji. Najbardziej widoczna jest w regionach czołowych.

Za pomocą urządzenia EEG jesteśmy w stanie określić, który moment gry jest mało interesujący i możemy go poprawić, aby gracz był w pełni aktywny w rozgrywkę. Nowe urządzenia EEG są coraz częściej wykorzystywane poza medycyną i znajdują coraz to więcej nowych zastosowań.

Używanie EEG do mierzenia zaangażowania zadań nie jest nową koncepcją. Pope [6] zbudował system kontroli poziomu automatyzacji zadań w oparciu o to, czy operator miał zwiększone lub zmniejszone zaangażowanie. Freeman [7] rozszerzył ten system, oceniając wydajność każdego zadania wraz z wykorzystaniem bezwzględnych wartości zaangażowania.

Berk [8] wynalazł dokładniejszą i skuteczniejszą metodę interakcji ludzi z technologią, z możliwością opracowania bardziej wydajnych środowisk pracy, które zwiększają motywację i wydajność. Wyniki sugerują, że zaangażowanie mierzone z wykorzystaniem EEG odzwierciedla gromadzenie informacji, wizualne przetwarzanie i alokację uwagi.

Smith i Gevins [9] użyli symulatora lotu, do zbadania reakcji mózgu człowieka na wykonywane ćwiczenia o niskim, średnim i wysokim stopniu trudności. Badania wykazały zwiększoną aktywność fal theta płata czołowego wraz ze zmniejszoną aktywnością fal alpha płata ciemieniowego podczas wymagających zadań.

Z kolei, Yamada [10] mierzył aktywność fal theta wraz z mruganiem oka i odkrył, że dzieci grające w gry wideo miały wyższą aktywność fal theta podczas częstszego mrugania. Wyniki te sugerują, że interesujące zadania powodują wyższą aktywność fal theta, podczas gdy zadanie hamuje aktywność mrugania oczami.

Kamzanova i inni [11] porównali czułość szeregu indeksów zaangażowania EEG poprzez zbadanie osób działających pod presją czasu wykonujących zadania o różnych stopniach obciążenia w celu wykrycia, który z nich był najbardziej skuteczny.

Oprócz indeksów zaangażowania istnieją inne które m.in. mierzą koncentrację [12], emocje [13], czy też obciążenie poznawcze [14].

W niniejszym artykule zaprezentowano wyniki badania pilotażowego, które miało na celu porównanie różnych indeksów zaangażowania z opinią badanego podczas grania w grę wideo. W związku z tym jesteśmy w stanie stwierdzić, który tak naprawdę indeks powinien być użyty, aby określić, czy uczestnik jest aktywny w rozgrywkę.

2. Materiały i metody

Dane EEG zebrano od dwóch zdrowych mężczyzn mających 23 i 27 lat. Osoby badane poinformowano, jak będzie przebiegało badanie. Następnie podpisały one

zgodę na udział w badaniu i posadzono je na wygodnym krześle z dostępem do klawiatury i myszy. Kolejnym krokiem było założenie czepka i połączenie ze skórą głowy uczestnika elektrod oraz podłączenie ich do urządzenia, które rejestrowało dane z mózgu uczestników.

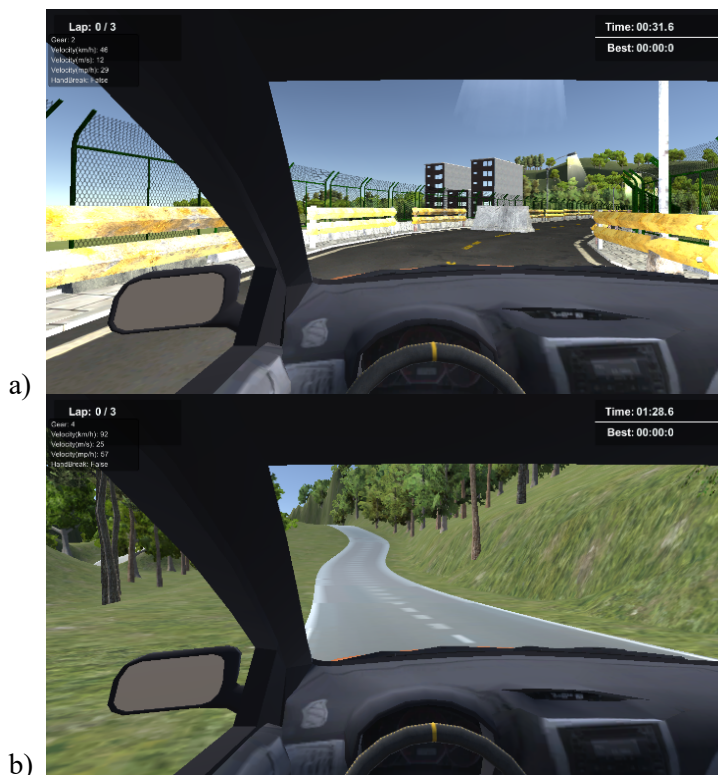
Po wykonaniu powyższych czynności osoba badana została poinformowana, czego będzie dotyczyła gra i jak się w niej poruszać. Bezpośrednio po zakończeniu rozgrywki z każdym z uczestników został przeprowadzony wywiad dotyczący doświadczenia z komputerem i grami. W jego trakcie zadano pytanie o to, które elementy gry powodowały, że uczestnik bardziej (lub mniej) angażował się w rozgrywkę.

Gra każdego uczestnika została zapisana w rozdzielczości 1360x768 za pomocą zaprogramowanej rejestracji w grze. Każde ujęcie z ekranu generowało znacznik czasu dla danych EEG w celu ustalenia położenia początku i końca każdej sekcji. Zrzuty ekranu zostały zapisane w celu późniejszego odniesienia podczas fazy analizy danych. W badaniu oprócz EEG wykorzystano Eye Tracker do śledzenia tego, na co badany szczególnie zwracał uwagę.

Opis gry

Gra została stworzona specjalnie na potrzeby niniejszych badań w silniku Unity. Przed wystartowaniem rozgrywki pojawia się czarny ekran w celu wyciszenia gracza, a następnie po 60 sekundach ukazuje się na nim pająk. Ma on za zadanie wywołać u badanego reakcję, która będzie odzwierciedlona w pomiarze i posłuży do przesunięcia wykresu o czas jego odpowiedzi. Gra polegała na przejechaniu 3 okrążeń samochodem w jak najkrótszym czasie i omijaniu po drodze przeszkód drogowych. Podczas jazdy rejestrowane były zrzuty ekranów (patrz rysunek 2).

Po zakończeniu gry zapisywany był plik Excel, w którym znajdował się numer zrzutu ekranu i odpowiadający mu czas. Oprócz tego podczas gry odbywała się rejestracja zdarzeń (takich jak wciśnięcia przycisków z klawiatury), które były zapisywane do pliku Excel oraz rejestracja położenia pojazdu i kolizji zapisywanych w osobnym pliku.



Rysunek 2. Zrzuty ekranu z gry: a) przeszkoda na moście, b) droga przez las

Wykorzystane elektrody w badaniu

Wykorzystano czepek z podpiętymi 19 elektrodami rozmieszczonymi w Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Pz, Cz. Kanały zostały rozmieszczone według systemu 10-10 – międzynarodowego systemu rozmieszczenia elektrod EEG [15]. Elektrody wymagały zwilżonej nasady, w celu poprawienia przewodnictwa. Częstotliwość próbkowania wynosiła 200 Hz.

Ankieta dotycząca gry

Uczestnicy odpowiedzieli na serię pytań oceniających wcześniejsze doświadczenia z grami wideo i inne cechy osobowe. Zostali poproszeni o zgłoszenie liczby godzin

spędzonych w grach wideo: na telefonach komórkowych (średnio 3h tygodniowo), na komputerze (średnio 1h dziennie) i na konsoli do gier (0 godzin).

Oprócz tego stwierdzono, że badani lubią grać w gry akcji, sportowe oraz wyścigowe. Uczestnicy zostali również zapytani, czy zakwalifikowali by się do kategorii „graczy rekreacyjnych” Odpowiedź była pozytywna.

Ostatnie pytania dotyczyły już samej rozgrywki, a dokładniej tego, które elementy gry powinny zostać według nich poprawione, a także spostrzeżeń dotyczących sytuacji, w których ich zdaniem rosło lub malało ich zaangażowanie w grę.

Analiza danych

Wszystkie dane analizowano za pomocą programu Matlab w wersji R2017b. Zdarzenia takie jak mruganie oczu, ruchy głowy lub ruchy ciała mogą powodować niepożądane dane w rejestracji EEG. Większość analiz EEG wymaga usunięcia takich zdarzeń, aby móc zidentyfikować problemy medyczne. Jednak nie stanowi to problemu do analizy rozgrywki. Tego typu zdarzenia są powszechne w codziennej grze [16].

Sygnał widmowy EEG analizowano wykorzystując szybką transformatę Fouriera (FFT) i nakładającą się ramkę czasową o długości 3 sekund ze skokiem 1 sekundą dla Delta (1-4 Hz), Theta (4-7 Hz), Alpha (7-13 Hz), Beta (13-25 Hz) i Gamma (25-43 Hz) dla wszystkich 14 elektrod, natomiast dla 8 elektrod wykorzystano następujące pasma Delta (0,5-3,9 Hz), Theta (4-7,9 Hz), Alpha-1 (8-10,9 Hz), Alpha-2 (11-13,9 Hz), Beta-1 (14-19,9 Hz), Beta-2 (20-29,9 Hz), Gamma (30-35 Hz).

Pomiar poziomu zaangażowania jest jedną z części określenia doświadczenia gracza podczas grania w grę komputerową. Pope [6] wykazał, że indeks zaangażowania można obliczyć przyjmując stosunek pasm EEG ($\text{Beta} / (\text{Alpha} + \text{Theta})$) [Index 1] (patrz tabela 1). Gevins i Smith [9] wprowadzili inny indeks zaangażowania zadań, który analizuje płąt czołowy Theta względem płata ciemieniowego Alpha (płąt czołowy Theta / płąt ciemieniowy Alpha) [Index 2]. Trzeci indeks został zidentyfikowany przez Yamadę [10], który analizuje aktywność płata czołowego Theta [Index 3], wskazującą na zwiększoną uwagę. Czwarty i piąty indeks wykorzystuje ten sam wzór, jaki był użyty przez Pope, lecz Hockey [17, 18] użył innego rozkładu elektrod.

Tabela 1. Opis używanych indeksów w badaniu

Numer indeksu	Wzór	Metoda liczenia
Indeks 1	$\text{Beta} / (\text{Alpha} + \text{Theta})$	Średnia wartość rejestracji ze wszystkich elektrod znajdujących się na głowie.
Indeks 2	$\text{Theta} / \text{Alpha}$	Średnia wartość rejestracji z elektrod umieszczonych na płacie czołowym Theta i płacie ciemieniowym Alpha.
Indeks 3	Theta	Średnia wartość rejestracji z elektrod umieszczonych na płacie czołowym Theta.
Indeks 4	$\text{Beta-1} / (\text{Alpha-1} + \text{Theta})$	Średnia wartość rejestracji z elektrod: F3, F4, F7, F8, Cz, P3, Pz, P4.
Indeks 5	$\text{Beta-2} / (\text{Alpha-2} + \text{Theta})$	Średnia wartość rejestracji z elektrod: F3, F4, F7, F8, Cz, P3, Pz, P4.

- Index 1 [19]: $\text{Beta} / (\text{Alpha} + \text{Theta})$ został obliczony dla każdego uczestnika z wykorzystaniem następujących elektrod: AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1, O2.
- Index 2 [19]: $\text{Theta} / \text{Alpha}$ został obliczony wykorzystując średnią wartość rejestracji z elektrod umieszczonych na płacie czołowym Theta: F3, F4, FC5, FC6 i podzielony przez średnią wartość rejestracji z elektrod umieszczonych na płacie ciemieniowym Alpha: P7, P8.
- Index 3 [19]: Theta został obliczony wykorzystując średnią wartość rejestracji z elektrod umieszczonych na płacie czołowym Theta: AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6.
- Index 4, 5 [11]: $\text{Beta} / (\text{Alpha} + \text{Theta})$ został obliczony wykorzystując średnią wartość rejestracji z następujących elektrod: F3, F4, F7, F8, Cz, P3, Pz, P4.

Wyniki

Poniżej wyspecyfikowano sytuacje, które były wspomniane przez badanych, a także miały istotny wpływ na grę. Do każdej sytuacji przyporządkowano indeksy oraz opinię

badanego na temat zaangażowania (patrz: tabela 2 i tabela 3). Rozbieżności pomiędzy tabelami 2 i 3 wynikają z przeprowadzonego wywiadu, w których osoby wskazywały fragmenty gry, gdzie ich zaangażowanie rosło bądź malało.

Analiza wykazała, że Indeks 3 w najlepszy sposób odzwierciedla zaangażowanie gracza. Liczba sytuacji, która różniła się od opinii badanego, wyniosła 3. Najgorszym indeksem okazał się Indeks 2 (12 sytuacji).

Tabela 2. Wyniki dla osoby badanej numer 1

Sytuacja podlegająca ocenie	Indeks 1	Indeks 2	Indeks 3	Indeks 4	Indeks 5	Opinia badanego
Start pojazdu	Wzrost	Spadek	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
Niepokonanie pierwszej przeszkody	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Spadek	Mały wzrost	Wzrost
Wycofanie	Spadek	Spadek	Spadek	Mały wzrost	Spadek	-
Ruszenie	Wzrost	Wzrost	Mocny spadek	Mały wzrost	Spadek	Spadek
Łatwy zakręt	Spadek	Wzrost	Spadek	Mały wzrost	Mały wzrost	Spadek
Kolejny łatwy zakręt	Spadek	Spadek	Spadek	Wzrost	Spadek	-
Prosta droga	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek
Widać z daleka przeszkodę	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Mały spadek	Mały wzrost	Wzrost
Pokonanie drugiej przeszkody	Mały wzrost	Mały wzrost	Spadek	Mały wzrost	Spadek	-
Przewrócenie pojazdu	Spadek	Spadek	Spadek	Wzrost	Spadek	-
Powrót na trasę po wciśnięciu klawisza „B”	Spadek	Spadek	Spadek	-	Spadek	Spadek

Ruszenie po spadku	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Mały wzrost	Wzrost	Wzrost
Pokonanie zakrętu, na którym było wywrócenie pojazdu	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	-
Jazda pod górkę	Wzrost	Spadek	Wzrost	Mały spadek	Wzrost	Wzrost, jak za długo – spadek
Blisko wywrócenia pojazdu	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Mały spadek	Wzrost	-
Problemy z wyjazdem na drogę	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Frustracja, spadek
Łatwa przeszkoda, z daleka ją widać	Mały spadek	Mały spadek	Mały wzrost	Mały spadek	Mały wzrost	Spadek
W ostatniej chwili zauważył zakręt	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
Widać metę	Spadek	Wzrost	Spadek	Spadek	Mały wzrost	-
Poradzenie z pojazdem w trudnej sytuacji	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	-
Po pokonaniu przeszkody	Wzrost	Wzrost	Spadek	Mały spadek	Mały spadek	Spadek
Uniknięcie wywrócenia pojazdu	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Mały wzrost	Spadek	Wzrost
Kolejne powrót na trasę	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Mały spadek	Wzrost	Spadek
Wjazd w pacholki i wycofanie	Wzrost	Wzrost	Spadek	Mały wzrost	Spadek	-

Tabela 3. Wyniki dla osoby badanej numer 2

Sytuacja podlegająca ocenie	Indeks 1	Indeks 2	Indeks 3	Indeks 4	Indeks 5	Opinia badanego
Start pojazdu	Spadek	Wzrost	Wzrost	Mały spadek	Wzrost	Wzrost
Pokonanie pierwszej przeszkody	Wzrost	Spadek	Wzrost	Mały spadek	Mały wzrost	Spadek
Łatwy zakręt	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek
Prosta droga	Wzrost	Mały wzrost	Spadek	Wzrost	Spadek	Spadek
Wycofanie	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	-
Pokonanie z trudnością przeszkody	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Mały wzrost	Mały spadek	Wzrost
Zbyt długa jazda pod górkę	Wzrost	Wzrost	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek
Uniknięcie wywrócenia pojazdu	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	-
Szybki powrót na trasę po wciśnięciu klawisza „B”	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
Opanowanie pojazdu	-	Spadek	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
Wywrócenie pojazdu	Wzrost	Wzrost	Spadek	Spadek	Wzrost	-
Jazda po wywróceniu pojazdu	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
Trudność z ominięciem przeszkody	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
Po ominięciu trudnej przeszkody	-	Mały spadek	Spadek	Mały wzrost	Spadek	-

Walka z wydostaniem pojazdu, żeby nie używać klawisza „B”	Spadek	Spadek	Wzrost	-	Wzrost	Wzrost
Po przejechaniu mety zobaczyć czas	Spadek	Spadek	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Wzrost
Wjechanie w przeszkodę	Spadek	Wzrost	Spadek	Mały spadek	-	-
Kolejne wyrzucenie pojazdu	Spadek	-	Spadek	Mały spadek	Spadek	-
Łatwe ominięcie przeszkody i utrzymanie się na drodze	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	Spadek	-
Po naciśnięciu klawisza „B” spojrzenie na czas i chęć bycia lepszym	Wzrost	Wzrost	Wzrost	Mały spadek	Wzrost	Wzrost

3. Dyskusja

Głównym celem badania pilotażowego była ocena różnych indeksów zaangażowania podczas grania w grę komputerową. W rezultacie ustalono, który indeks najbardziej odzwierciedla prawidłowe zaangażowanie w grze. Do analizy wykorzystano program Matlab i dane zaistniałe w odpowiedniej sytuacji. Wśród najważniejszych wyników można wymienić:

1) Stwierdzono różnice między pięcioma indeksami (patrz: tabele 4 i 5).

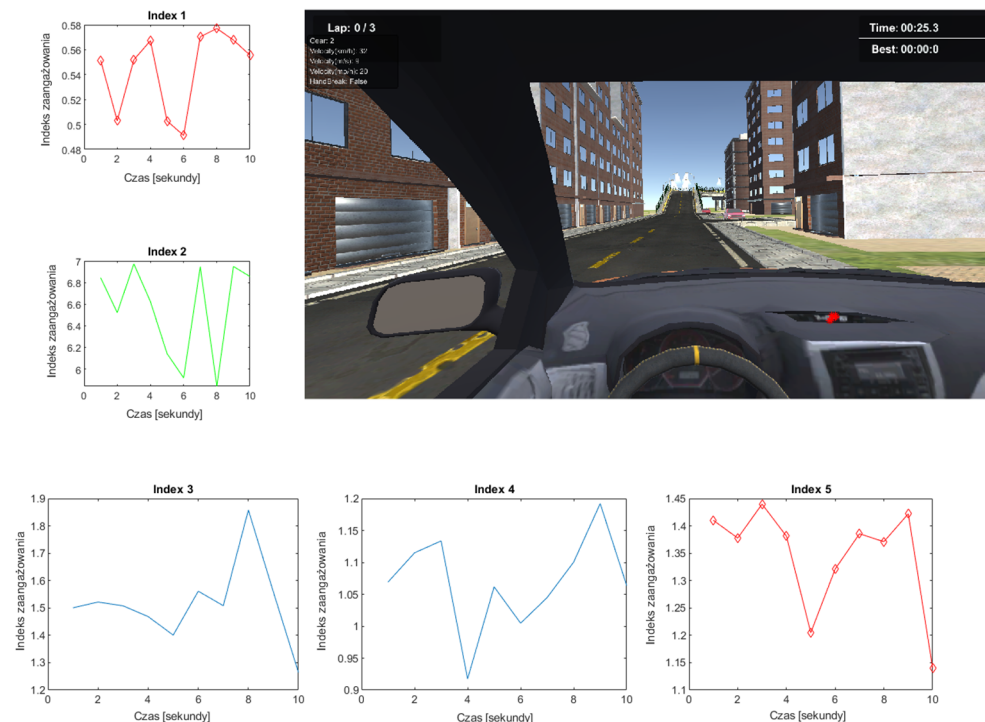
Tabela 4. Przedstawienie różnic pomiędzy konkretnym indeksem, a opinią badanego numer 1

	Indeks 1	Indeks 2	Indeks 3	Indeks 4	Indeks 5
Różnice	4	7	2	6	4

Tabela 5. Przedstawienie różnic pomiędzy konkretnym indeksem, a opinią badanego numer 2

	Indeks 1	Indeks 2	Indeks 3	Indeks 4	Indeks 5
Różnica	7	5	1	3	1

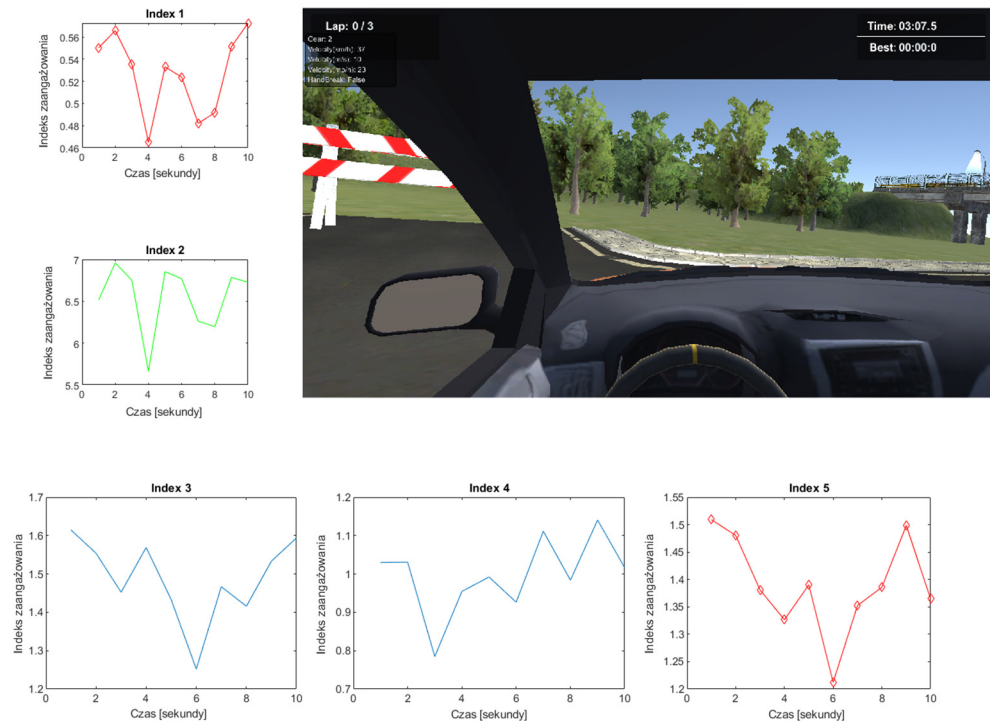
2) Rysunek 3 przedstawia wykresy badanych indeksów zaangażowania gracza podczas jazdy prostą drogą, natomiast znajdujące się na zrzucie ekranu czerwone kropki wskazują, gdzie osoba badana patrzy w danym momencie. Wszystkie indeksy wykazały, że gdy gracz jedzie prostą drogą jego aktywność w rozgrywce spada.



Rysunek 3. Zrzut ekranu z gry podczas jazdy prostą drogą

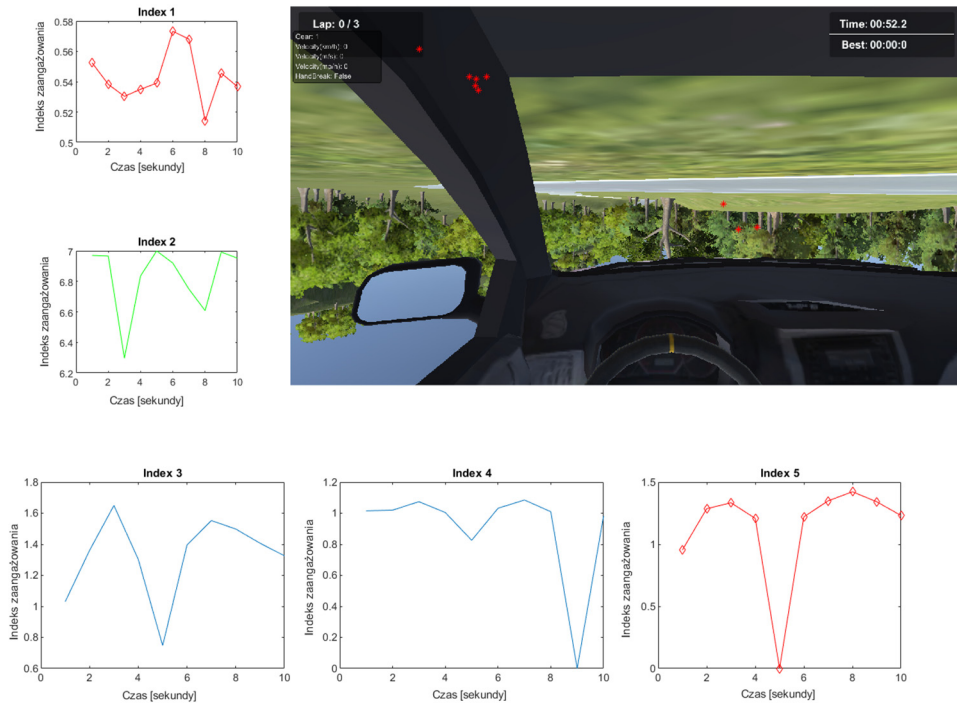
3) W przypadku, gdy gracz ma do ominięcia trudniejszą przeszkodę, powoduje ona wzrost jego zaangażowania, co widać na wykresach związanych z Indexem 1 oraz 3, zamieszczonych na rysunku 4.

Pozostałe badane indeksy pokazują spadek.



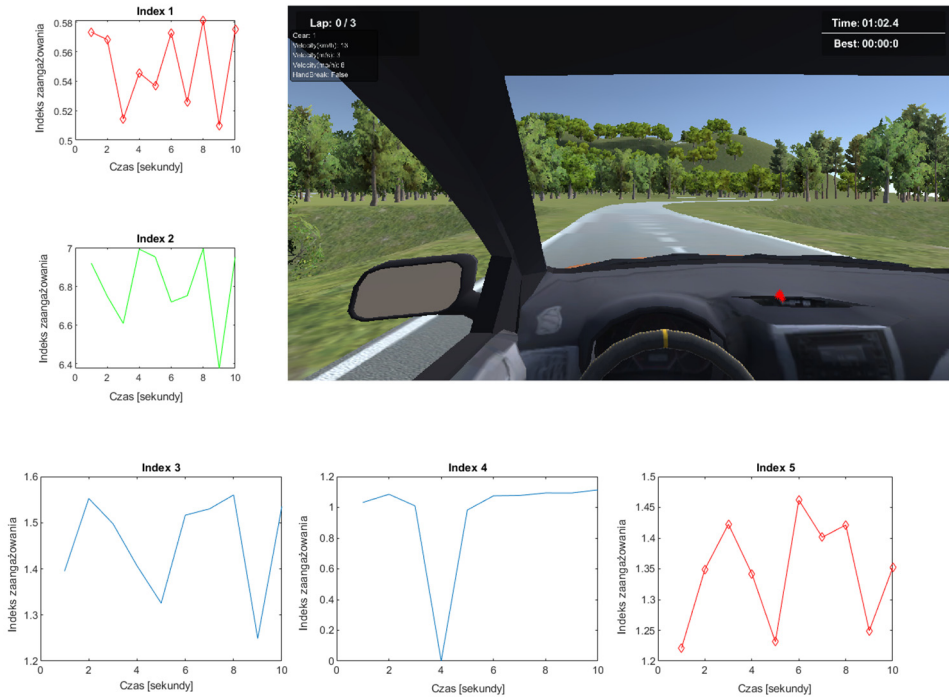
Rysunek 4. Zrzut ekranu z gry podczas omijania przeszkody

4) Sytuacja obrazująca przewrócenie pojazdu została przedstawiona na rysunku 5. W takim przypadku zaangażowanie badanej osoby spada, co odzwierciedlone jest na indeksach (oprócz Indexu 4).



Rysunek 5. Zrzut ekranu z gry podczas wywrócenia pojazdu

5) Rysunek 6 przedstawia sytuację, w której gracz wciska klawisz „B” powodujący powrót na tor wyścigu. W omówionym przypadku zaangażowanie osoby badanej wzrasta. Prawdopodobnie spowodowane jest to tym, że gracz pragnie jak najszybciej wznowić rozgrywkę w celu uzyskania dobrego czasu.



Rysunek 6. Zrzut ekranu z gry po wciśnięciu klawisza powodującego powrót na drogę

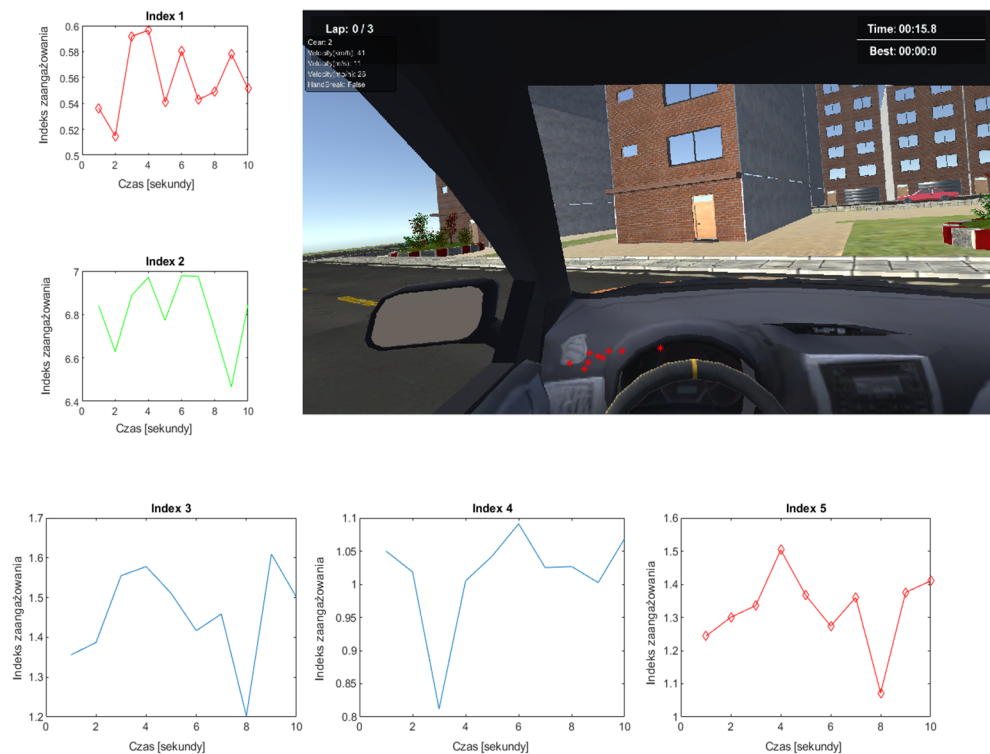
Niniejsze badanie sugeruje, że Indeks 3 oraz 5 są preferowanymi algorytmami do obliczania poziomu zaangażowania graczy grających w grę komputerową. Korzystanie z Indeksu 3 wymaga użycia fal pasmowych z 8 elektrod rozmieszczonych na głowie, a dokładniej tylko na płacie czołowym, podczas gdy Indeks 1 wykorzystuje wszystkie 19 elektrod rozmieszczonych na całej głowie, Indeks 2 wykorzystuje tylko płat czołowy i ciemieniowy, natomiast pozostałe dwa indeksy korzystają z płata ciemieniowego i skroniowego.

Zastosowane rozmieszczenia elektrod w przypadku Indeksu 1, 4 oraz 5 posiada zaletę, jaką jest zmniejszenie szumu, który może pochodzić z indywidualnej lokalizacji elektrod. W związku z tym prawdopodobnie trzeba odrzucić Indeks 3 i przyjąć, że najbardziej odpowiednim indeksem do pomiaru zaangażowania jest zastosowanie algorytmu i rozmieszczenia elektrod z Indeksu 5.

Wyższy poziom zaangażowania został zaobserwowany podczas pierwszego okrążenia. Prawdopodobnie było to spowodowane faktem, że osoby badane nie znały drogi i bardziej się angażowały, w celu zapamiętania trasy i wszelkich przeszkód do ominięcia. Oprócz tego zwiększone zaangażowanie zauważono u osoby numer 2 podczas mijania mety. Przyczyną tego było patrzenie na czas, jaki osiągnęła, co można było wywnioskować wykorzystując Eye Tracker.

Wartym zauważenia są sytuacje, w których Indeks 3 oraz 5 różnią się od opinii badanego:

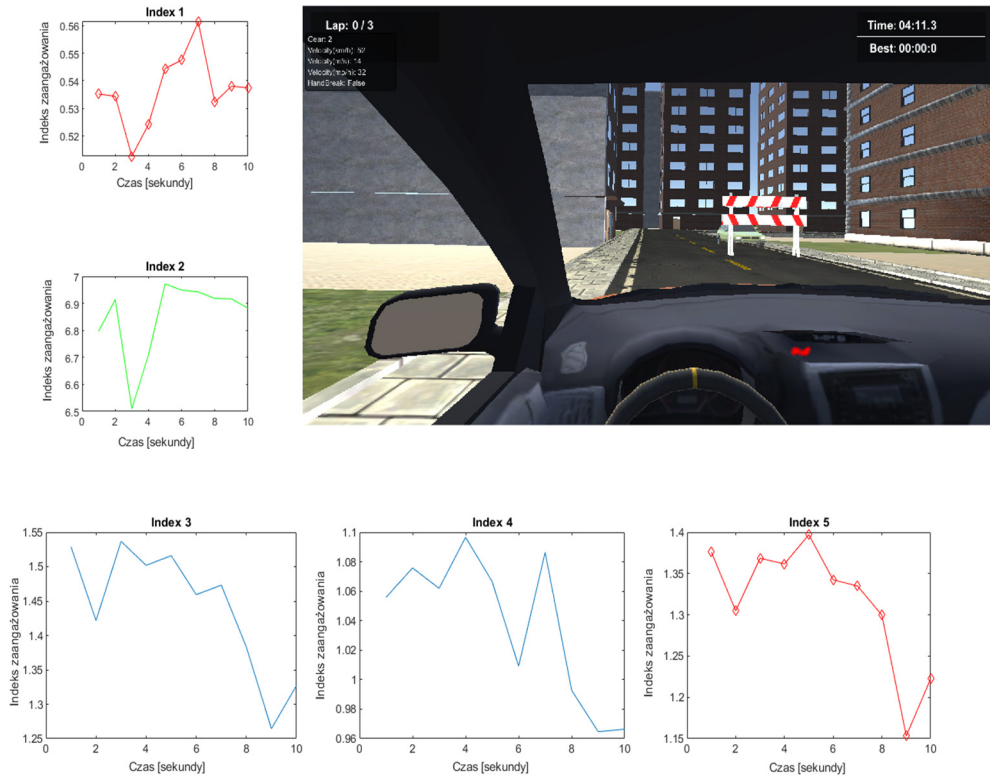
1) Rysunek 7 przedstawia sytuacje, w której osoba badana pokonuje łatwy zakręt i według jej oceny zaangażowanie w tej sytuacji powinno spadać. Zgodność z opinią gracza wskazuje jedynie Indeks 1 oraz Indeks 3.



Rysunek 7. Zrzut ekranu z gry podczas pokonania łatwego zakrętu

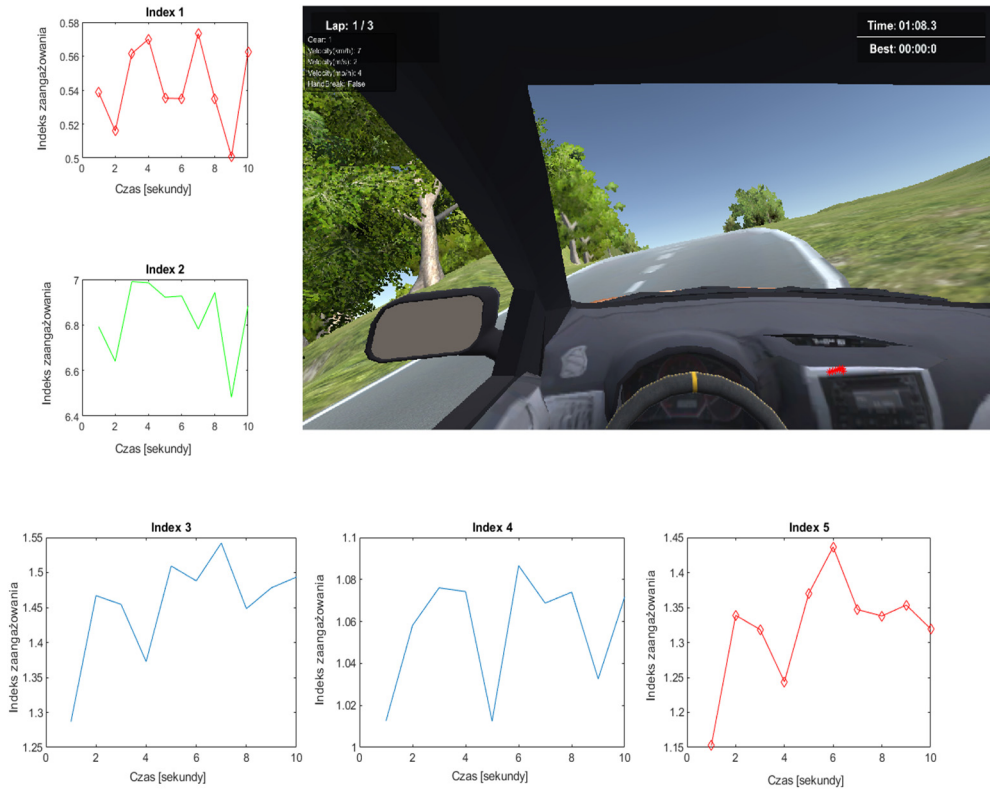
2) Sytuacja, w której gracz widzi z daleka przeszkodę do ominięcia, została przedstawiona na rysunku 8.

Według opinii badanego zaangażowanie w tym momencie spada. Indeks 3 oraz Indeks 5 wykazały wzrost, co jest sprzeczne z poglądem badanego.



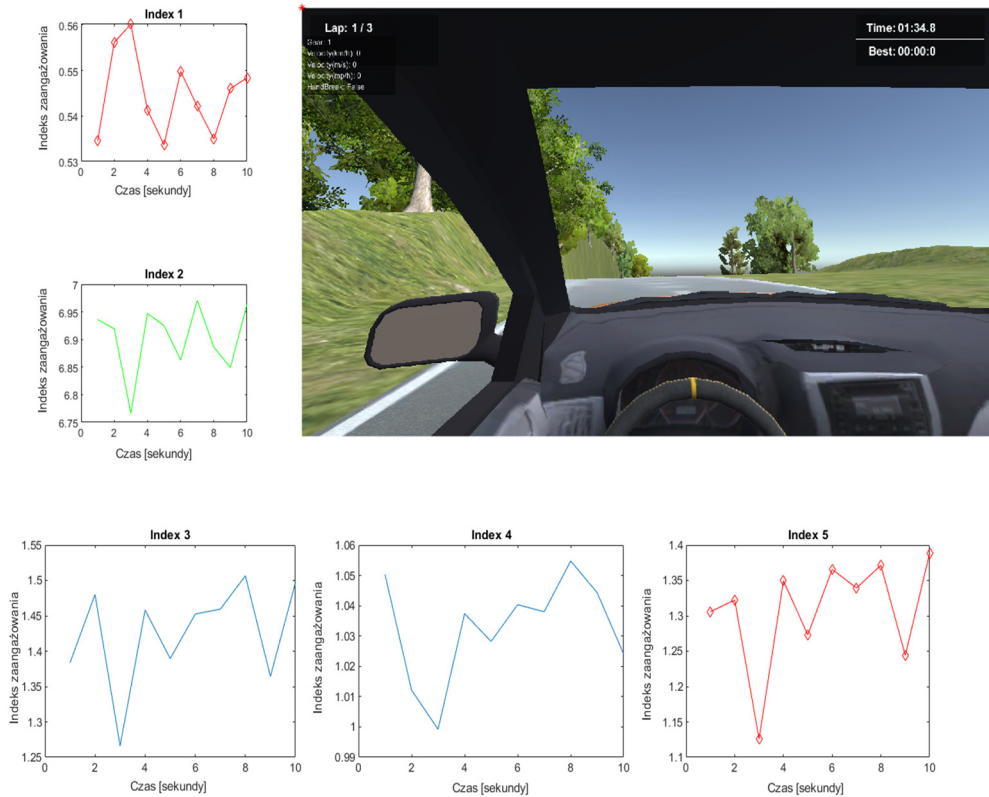
Rysunek 8. Zrzut ekranu z gry, podczas gdy gracz widzi przeszkodę z daleka

3) Rysunek 9 przedstawia sytuacje, w której gracz unika wywrócenia samochodu. Jedynie indeks 5 nie obrazuje poprawnego zaangażowania gracza.



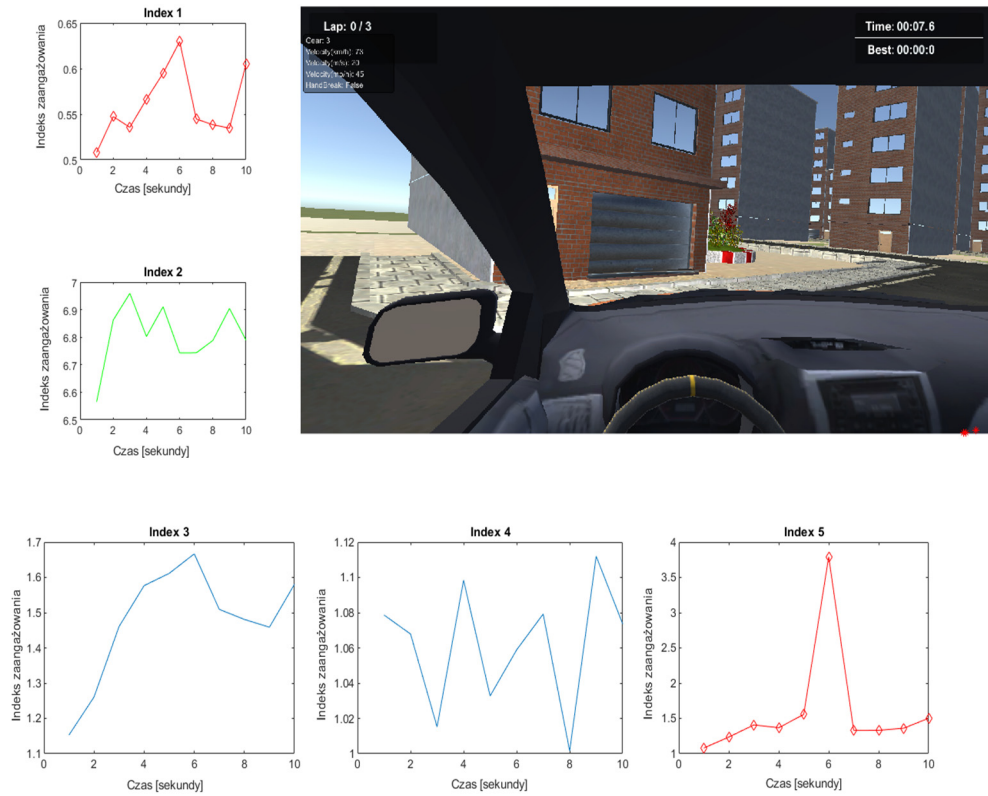
Rysunek 9. Zrzut ekranu z gry podczas uniknięcia przewrócenia pojazdu

4) Sytuacja powtórznego powrotu na drogę została przedstawiona na rysunku 10. Według opinii badanego, powinien być w tym momencie nastąpić spadek zaangażowania, co odzwierciedlone jest tylko na wykresie prezentującym Indeks 4.



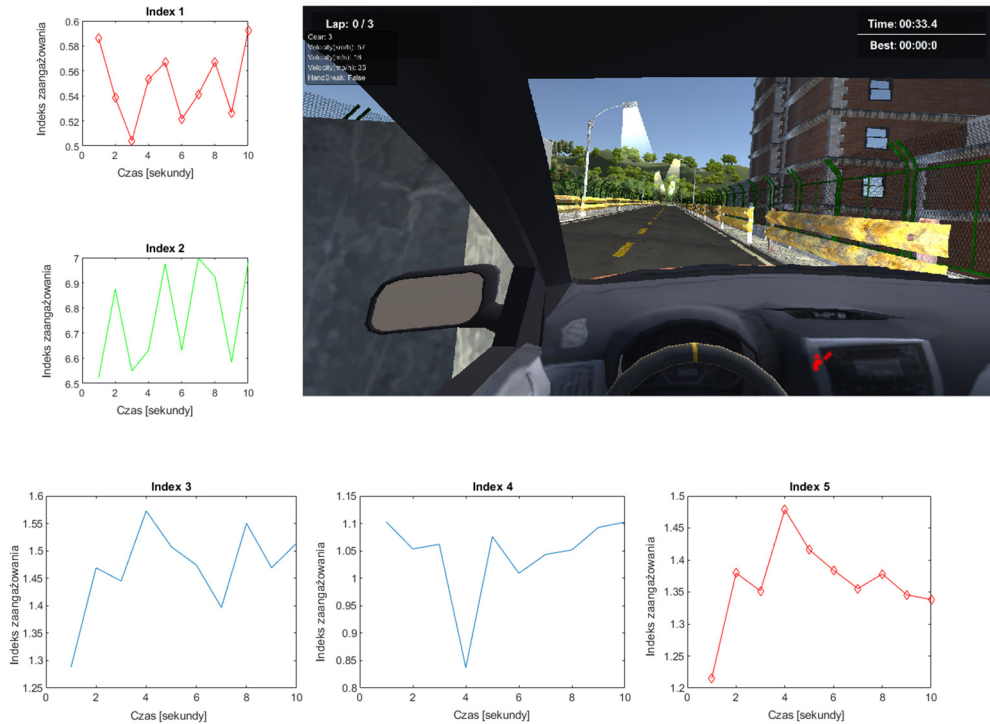
Rysunek 10. Zrzut ekranu z gry obrazujący powrotny powrót na drogę

5) Rysunek 11 przedstawia sytuację, w której gracz po raz pierwszy pokonuje przeszkodę i nie sprawia ona mu trudności. W rezultacie przekłada się to na spadek zaangażowania, co pokazane jest na wykresie prezentującym Indeks 2 oraz Indeks 4.



Rysunek 11. Zrzut ekranu z gry podczas pokonania pierwszej przeszkody

6) Sytuacja, w której gracz prawie zahacza o przeszkodę, została przedstawiona na rysunku 12. Według osoby badanej w tym momencie nastąpił wzrost zaangażowania, co jedynie nie zostało odzwierciedlone przez Indeks 5.



Rysunek 12. Zrzut ekranu z gry przedstawiający uniknięcie zagrożenia przeszkody

Wnioski te należy rozumieć w kontekście pewnych ograniczeń. Po pierwsze, badanie pilotażowe jest przygotowaniem do przeprowadzenia większych badań, dlatego też na ten moment wykorzystano minimalną próbę badawczą. Kolejnym krokiem będzie ustalenie wiarygodności EEG, zwiększając liczbę uczestników, aby upewnić się, że dotychczasowe wyniki nie są anomalią ze względu na obecną liczebność próby. Oprócz tego należy zawrzeć zmiany w procedurze badawczej, tzn. przeniesienie stanowiska badawczego (gdyż badana osoba skarżyła się na padające promienie słoneczne na monitor co utrudniało prowadzenie pojazdu), zwiększenie atrakcyjności gry po przez dodanie mini mapy, przeciwnika do zwiększenia rywalizacji w grze lub tzw. „cienia”, jak i również możliwości zmiany kamery pojazdu.

4. Podsumowanie

Przedstawiono wyniki badań mające na celu porównanie różnych indeksów zaangażowania przy użyciu EEG oraz eyetracking. W tym celu postanowiono przeanalizować sytuacje, w których wypowiedzieli się badani gracze. Na podstawie ich opinii uzyskano wskazówkę, że optymalnym wskaźnikiem jest Indeks 3 (Theta), ponieważ najlepiej odwzorowuje opinię osób badanych. Uwzględniając rozmieszczenie elektrod przyjmuje się, że należałoby zastosować Indeks 5 (Beta / Alpha+Theta). Przyczyną tego jest użycie uśrednionej fali pasmowej wykorzystującej 8 elektrod na głowie z płata ciemieniowego i skroniowego, a także korzyść z łagodzenia szumów z poszczególnych lokalizacji.

Należy wziąć pod uwagę, że ustalenia te opierają się na minimalnej liczebności próby i potrzebne będą dalsze badania w celu rozszerzenia uzyskanych wyników metodologicznego podejścia do oceny zainteresowania grą poprzez nie tylko przeanalizowanie zaangażowania gracza, ale również dodanie kolejnych indeksów z innych kategorii, jak np. koncentracji. Niemniej jednak otrzymane wyniki potwierdzają, że Indeks 5 najlepiej obrazuje zaangażowanie gracza podczas rozgrywki.

Literatura

- [1] K. Kucharczyk, *Polski rynek gier komputerowych wart ponad 500 mln dolarów*, „Parkiet” 7 Maj 2018, <https://www.parkiet.com/Technologie-i-IT/305079958-Polski-rynek-gier-komputerowych-wart-ponad-500-mln-dolarow.html>.
- [2] E. Abent, *Assassin's Creed III hits 7 million sold, Ubisoft shares insane stats*, „SlashGear” Dec 12, 2012, <https://www.slashgear.com/assassins-creed-iii-hits-7-million-sold-ubisoft-shares-insane-stats-12260679/>.
- [3] Y.T. Chiang, C.Y. Cheng, S.S.J. Lin, *The Effects of Digital Games on Undergraduate Players' Flow Experiences and Affect*, 2008 Second IEEE International Conference on Digital Game and Intelligent Toy Enhanced Learning, 2008, DOI.
- [4] M. Slater, *Measuring Presence: A Response to the Witmer and Singer Presence Questionnaire*, „Presence Teleoperators & Virtual Environments” Vol. 8, 1999.

- [5] M. Host'ovecký, B. Babušiak, *Brain activity: beta wave analysis of 2D and 3D serious games using EEG*, „Journal of Applied Mathematics, Statistics and Informatics” Vol. 13, No. 2, 2017.
- [6] A.T. Pope, E.H. Bogart, D.S. Bartolome, *Biocybernetic system evaluates indices of operator engagement in automated task*, „Biological psychology” Vol. 40, No. 1-2, 1995.
- [7] F.G. Freeman, P.J. Mikulka, L.J. Prinzel, M.W. Scerbo, *Evaluation of an adaptive automation system using three EEG indices with a visual tracking task*, „Biological Psychology” Vol. 50, No. 1, 1999.
- [8] C. Berka, D.J. Levendowski, M.N. Lumicao, A. Yau, G. Davis, V.T. Zivkovic, R.E. Olmstead, P.D., Tremoulet, P.L. Craven, *EEG correlates of task engagement and mental workload in vigilance, learning, and memory tasks*, „Aviation, space, and environmental medicine” Vol. 78, No. 5, Suppl. 1, 2007.
- [9] M.E. Smith, A. Gevins, *Neurophysiologic monitoring of mental workload and fatigue during operation of a flight simulator*, „Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering” 5797, Maj 2005.
- [10] F. Yamada, *Frontal midline theta rhythm and eyeblinking activity during a vdt task and a video game: Useful tools for psychophysiology in ergonomics*, „Ergonomics” Vol. 41, No. 5, 1998.
- [11] A. Kamzanova, G. Matthews, A. Kustubayeva, S. Jakupov, *EEG indices to time-on-task effects and to a workload manipulation (cueing)*, „World Academy of Science, Engineering and Technology” Vol. 5, No. 8, 2011.
- [12] C. Lee, J. Kwon, J. Hong, D.Lee, *A Study on EEG based Concentration Power Index Transmission and Brain Computer Interface Application*, w: O. Dössel, W.C. Schlegel (eds.) *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, September 7-12, 2009, Munich, Germany 2009*.
- [13] R. Ramirez, M. Palencia-Lefler, S. Giraldo, Z. Vamvakousis, *Musical neurofeedback for treating depression in elderly people*, „Frontiers in Neuroscience” Vol. 9, 2015.
- [14] P.P. Antonenko, F. Paas, R. Grabner, T. van Gog, *Using Electroencephalography to Measure Cognitive Load*, „Educational Psychology Review” Vol. 22, No. 4, 2010.

- [15] V. Jurcak, D. Tsuzuki, Ipeita Dan, *10/20, 10/10, and 10/5 systems revisited: Their validity as relative head-surface-based positioning systems*, „NeuroImage” Vol. 34, No. 4, 2007.
 - [16] D.P.-O. Bos, B. Reuderink, B. van de Laar, H. Gurkok, C. Muhl, M. Poel, A. Nijholt, D. Heylen, *Brain-Computer Interfacing and Games*, „Brain-Computer Interfaces” pp. 149-178, 2010.
 - [17] A. Nassef, M. Mahfouf, D.A. Linkens, E. Elsamahy, A. Roberts, P., Nickel, G.R.J. Hockey, G. Panoutsos, *The Assessment of Heart Rate Variability (HRV) and Task Load Index (TLI) as Physiological Markers for Physical Stress*, w: *IFMBE Proceedings of the World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, 7-12 September 2009, Munich, Germany*, Vol. 25/13, *Special topics and workshops*, Springer, 2009.
 - [18] G.R.J. Hockey, P. Nickel, A.C. Roberts, M.H. Roberts, *Sensitivity of candidate markers of psychophysiological strain to cyclical changes in manual control load during simulated process control*, „Applied Ergonomics” Vol. 40, No. 6, 2009.
 - [19] T. McMahan, I. Parberry, T.D. Parsons, *Evaluating Player Task Engagement and Arousal Using Electroencephalography*, „Procedia Manufacturing” Vol. 3, 2015.
-

Comparison of participation indexes in a racing game using neuroscience

Abstract

The popularity of video games means that there is a need for methods to assess their content in terms of player satisfaction at the production stage. For this purpose, the indices used in studies using EEG can be used. This publication compares five different indices for measuring the participant's engagement in a video game using equipment such as EEG and Eye Tracker. The study was conducted using a racing game created in Unity on the basis of observations of two recipients. Using EEG, the most suitable one was selected from the indexes examined.

Keywords – EEG, Eye Tracker, engagement index