



Prof. dr hab. inż. Bolesław Borkowski

Warszawa, 15.09. 2024 r.

Katedra Metod Ilościowych

Wydział Zarządzania UW

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Konrada Biercewicza pt. „Zapewnienie jakości produktu na podstawie detekcji czynników psychofizjologicznych determinujących stopień zaangażowania użytkownika gier komputerowych” przygotowanej pod kierunkiem naukowym (promotora) dr hab. inż. Mariusza Borawskiego, prof. US oraz dr inż. Jarosława Dudę jako promotora pomocniczego.

## 1. Podstawa prawna

Podstawą prawną wykonania recenzji jest Uchwała Nr 84/07/2024 Rady Naukowej Instytutu Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego z dnia 11 lipca 2024 r. Przedmiotem oceny jest maszynopis rozprawy doktorskiej, który łącznie z wykazem bibliografii liczy 224 strony tekstu. Oceniana rozprawa ma klasyczny układ obejmujący część wstępną, 5 rozdziałów o charakterze teoretycznym i empirycznym, podsumowanie i wnioski, bibliografię oraz spis ilustracji i tabel.

Recenzję napisano w celu oceny czy rozprawa spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2023 poz. 742 ze zmianami). Wymogiem art. 187 Ustawy jest, by rozprawa doktorska przygotowywana pod opieką promotora, stanowiła oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne dokonanie artystyczne oraz wykazywała ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.

## 2. Ocena doboru tematu badawczego

Dynamiczny rozwój przemysłu gier, którego wartość w 2023 roku osiągnęła 184 miliardy dolarów podkreśla rosnące znaczenie tego sektora w kulturze i gospodarce. Dla wielu osób gry komputerowe są istotnym elementem życia codziennego. Wzrastający popyt na różnego rodzaju gry komputerowe, szczególnie wśród młodego pokolenia determinuje wzrost zainteresowania ich jakością. Autor sformułował problem badawczy, który dotyczy identyfikacji czynników psychofizjologicznych wpływających na jakość gier oraz eksploracji możliwości wykorzystania metod neuronauki poznawczej do oceny poziomu zaangażowania gracza.

Autor precyzyjnie określił przedmiot badań, co wskazuje na prawidłowe sformułowanie problemu badawczego. Ważność problemu została potwierdzona w literaturze przedmiotu, szczególnie w odniesieniu do badań z dziedziny psychologii i neuronauki, które podkreślają kluczową rolę psychofizjologicznych czynników w kształtowaniu doświadczeń gracza. Autor zwraca również uwagę na ograniczenia istniejących narzędzi analitycznych, takich jak Unity Analytics, co wzmacnia argumentację na rzecz potrzeby dalszych badań.

Badania autora zmierzają do lepszego zrozumienia, w jaki sposób zaawansowane metody neuronauki poznawczej mogą być zastosowane do oceny i poprawy jakości gier wideo. Celem jest nie tylko identyfikacja kluczowych czynników wpływających na zaangażowanie graczy, ale również opracowanie bardziej precyzyjnych narzędzi do monitorowania i analizy stanu psychofizjologicznego graczy w czasie rzeczywistym, co może prowadzić do tworzenia bardziej angażujących i satysfakcjonujących gier.

Przedstawiona praca ma charakter badawczo – analityczny i dotyczy badań istoty i determinant jakości produktu. Koncentruje się głównie na badaniu jakości gry komputerowej z perspektywy producenta i klienta.

Reasumując, dobór tematu rozprawy doktorskiej oceniam pozytywnie. Wybrany przez Doktoranta problem naukowy i obszar badawczy jest interesujący, ważny i innowacyjny z perspektywy poznawczej i aplikacyjnej. Autor rozprawy doktorskiej wykazał się dobrą znajomością metod neuronauki poznawczej oraz statystyki i ich aplikacji do badania jakości gier komputerowych. Przedstawiona praca mgr Konrada Biercewicza cechuje się oryginalnością podjętej problematyki badawczej, nowoczesnym aparatem badawczym oraz wskazuje przydatność różnych metod rozwiązań w praktyce.

W mojej opinii problem badawczy został sformułowany w sposób prawidłowy, ponadto jego ważność znajduje potwierdzenie w literaturze przedmiotu.



### **3. Cel i hipotezy rozprawy**

W rozprawie został jasno zdefiniowany główny cel pracy, który polegał na opracowaniu zaawansowanego modelu zapewnienia jakości produktu na etapie projektowania gier komputerowych. Model ten ma opierać się na wykorzystaniu technologii do wykrywania czynników psychofizjologicznych, które są kluczowe dla poziomu zaangażowania gracza w rozgrywkę. W celu osiągnięcia tego nadrzędnego celu, Autor wyznaczył szereg bardziej szczegółowych celów badawczych, które obejmują:

1. Przeprowadzenie szczegółowego przeglądu istniejących metod pomiaru cech psychofizjologicznych w kontekście zapewnienia jakości gier komputerowych. Przegląd ten ma na celu wybór najbardziej odpowiedniego indeksu, który będzie skutecznie mierzył zaangażowanie gracza.
2. Zastosowanie wybranego indeksu zaangażowania w praktyce, poprzez przeprowadzenie badań empirycznych. Badania te mają na celu ocenę jakości poszczególnych elementów gry komputerowej na podstawie analizy psychofizjologicznych reakcji uczestników.
3. Przeprowadzenie weryfikacji opracowanej metody, w celu potwierdzenia jej skuteczności i przydatności w rzeczywistych warunkach projektowania gier komputerowych.

Odnosząc się do problematyki przedstawionej przez Autora, w dysertacji przyjęto hipotezę badawczą, która zakłada, że detekcja psychofizjologicznych czynników determinujących zaangażowanie uczestnika w grę komputerową pozwala na identyfikację i wyznaczenie niezbędnych kierunków modyfikacji projektu gry, co jest kluczowe z perspektywy zapewnienia wysokiej jakości produktu końcowego.

Moim zdaniem, hipoteza pracy została sformułowana w sposób nie tylko poprawny, ale również adekwatny do postawionego problemu badawczego. Jest ona ściśle powiązana z głównym celem rozprawy oraz wspiera logiczny rozwój argumentacji w kierunku zrealizowania założonych celów badawczych.

### **4. Ocena układu, wartości naukowej i oryginalności rozprawy**

Przedstawiona do recenzji rozprawa składa się z pięciu rozdziałów, obejmujących łącznie 178 stron oraz zawiera wprowadzenie (7 stron), podsumowanie (5 stron) i spis literatury (23

strony). Praca cechuje się logiczną i spójną strukturą, zgodną z tytułem, choć można zauważyć pewne drobne niedociągnięcia.

Autor w swojej pracy przeprowadził kompleksową analizę zagadnień związanych z zapewnieniem jakości gier komputerowych, kładąc szczególny nacisk na zaangażowanie użytkowników i metody jego pomiaru. W rozdziałach pracy omówiono różne aspekty związane z jakością produktu, zaangażowaniem gracza oraz zastosowaniem metod psychofizjologicznych do oceny jakości elementów gry. Autor zaproponował nowatorskie podejście do pomiaru zaangażowania gracza, które może stanowić istotny wkład w dziedzinie projektowania i oceny jakości gier komputerowych.

Rozdział 1 zawiera teoretyczne zagadnienia dotyczące zapewnienia jakości produktu. Autor na podstawie literatury przedmiotu definiuje pojęcie jakości i przedstawia różne perspektywy jej postrzegania, uwzględniając zarówno punkt widzenia producenta, jak i klienta. W rozdziale omawia także związki pomiędzy jakością a cyklem życia produktu. Szczególna uwaga skupiona jest na jakości gier komputerowych jako specyficznego rodzaju produktu, gdzie Autor analizuje kluczowe czynniki wpływające na jakość oraz etapy i metody jej zapewniania.

Rozdział 2 koncentruje się na tematyce zaangażowania konsumenta w kontekście jakości produktu. Autor przeprowadza analizę różnych istniejących w literaturze przedmiotu koncepcji i determinant zaangażowania konsumenta, szczególnie w odniesieniu do gier komputerowych. Rozdział ten zawiera również analizę, jak zaangażowanie użytkownika wpływa na ocenę jakości gry, a także omawia psychofizjologiczne czynniki, które mogą być wskaźnikami poziomu zaangażowania gracza. Rozdział ten jest zbyt rozbudowany i zawiera wiele informacji, które można byłoby pominąć, np. szczegółowy opis warstw w mózgu, bez straty na wartości merytorycznej tego rozdziału.

Rozdział 3 skupia się na metodycznych aspektach oceny zaangażowania gracza jako elementu procesu zapewniania jakości gry komputerowej. Autor analizuje prezentowane w literaturze różnorodne metody i wskaźniki służące do pomiaru zaangażowania użytkownika. Rozdział ten obejmuje również omówienie technik pomiaru czynników psychofizjologicznych w kontekście oceny zaangażowania, przedstawia narzędzia, metody i techniki używane w tym celu. Na końcu Autor konstruuje indeks poziomu zaangażowania oparty na wybranych czynnikach psychofizjologicznych. Rozdział ten, jak rozdział poprzedni, jest zbyt rozbudowany tym razem o aspekt techniczny, np. miejsca i sposób umieszczania elektrod na głowie, który mógłby być pominięty.



Rozdział 4 stanowi centralny punkt pracy, gdzie Autor przedstawia własną metodykę pomiaru zaangażowania gracza w gry komputerowe. W tym rozdziale wprowadza koncepcję pomiaru zaangażowania, szczegółowo opisuje algorytmy przetwarzania wstępnego sygnału EEG (elektroencefalografii), analizę tego sygnału, a także algorytm służący do wyznaczania indeksu zaangażowania. W rozdziale tym szczegółowo opisane są techniczne aspekty i narzędzia wykorzystywane w procesie monitorowania zaangażowania gracza. Autor zaproponował poprawną metodycznie metodę dekompozycji sygnału pochodzącego z różnych źródeł i eliminacji artefaktów poprzez wykorzystanie analizy składowych niezależnych (Independent Component Analysis, ICA). Prezentowane formuły do obliczenia wartości średnich i macierzy kowariancji dla każdego pasma Alpha, Beta i Theta (4.13 i 4.14) są błędnie zapisane (powinno być  $1/N-1$ ), ponieważ powinny być to estymatory nieobciążone. Uwaga ta dotyczy także formuł 4.18; 4.19; 4.23 i 4.24.

Rozdział 5 zawiera analizę badań empirycznych przeprowadzonych przez Autora w kontekście zapewnienia jakości gry komputerowej. Rozdział obejmuje procedurę weryfikacji proponowanej metodyki oceny jakości poszczególnych elementów gry, prezentuje szczegóły dotyczące przeprowadzonego case study. Autor przeprowadził badania na dwóch 30 osobowych grupach (testowej i walidacyjnej) o równym parytecie płci, z takim samym rozkładem elektrod. Z jakiej populacji i w jaki sposób zostały one wybrane? Badaniu została poddana autorska gra platformowa stworzona w silniku Unity. Autor poprawnie analizuje wyniki empiryczne wykorzystując metody statystyki i ekonometrii oraz dokonując wnikliwej i wielowymiarowej analizy wyników badań, koncentrując się na ich interpretacji oraz przedstawiając praktyczne zastosowanie systemów wspomaganie decyzji przez twórców gier. Na zakończenie rozdziału zaprezentowane zostały wnioski wynikające z przeprowadzonych badań, ukazujące efektywność proponowanej metody w praktyce.

W zakończeniu rozprawy zawarto podsumowanie przeprowadzonych badań oraz wynikające z nich wnioski i wskazano na korzyści wynikające ze stosowania proponowanej metody.

#### **4. Ocena źródeł wykorzystanych w pracy**

Bibliografia pracy obejmuje 332 źródła, z dominującą liczbą publikacji anglojęzycznych. Około 19% tych źródeł pochodzi z ostatnich 7 lat (2017-2024), co świadczy o tym, że Doktorant jest dobrze zaznajomiony z najnowszymi badaniami i osiągnięciami w dziedzinie omawianej w pracy. Pomimo pewnych zastrzeżeń dotyczących braku odniesień do pewnych kluczowych



obszarów, takich jak bardziej szczegółowe aspekty zaangażowania graczy i metod psychofizjologicznych, dobór literatury został przeprowadzony w sposób przemyślany. Kluczowe prace dotyczące jakości i zaangażowania w kontekście projektowania gier komputerowych zostały uwzględnione, co umożliwiło Autorowi przeprowadzenie kompleksowej analizy i rozwinięcie zaproponowanych rozwiązań. Brak odniesień do literatury związanej z innymi pokrewnymi dziedzinami nie wpłynął jednak negatywnie na jakość przeprowadzonych badań ani na trafność zaproponowanej metodologii.

## 5. Podsumowanie

Autor podjął się bardzo trudnego i obszernego problemu badawczego. Próba rozwiązania go wymagała od Doktoranta dużej wiedzy z zakresu technik neuronauki poznawczej i ich aplikacji do oceny i poprawy jakości gier wideo. W pracy zauważalne jest dobre przygotowanie merytoryczne Autora oraz umiejętności posługiwania się przez niego informacją i jej przetwarzaniem. Doktorant poprawnie selekcjonuje informacje, formułuje wnioski oraz zmierza w kierunku uzyskania finalnego rezultatu.

W przeprowadzonym badaniu zabrakło jednak porównania opracowanej metodyki z innymi istniejącymi metodami pomiaru zaangażowania w grach komputerowych. Takie porównanie pozwoliłoby lepiej ocenić efektywność nowego podejścia na tle już stosowanych metod, co zwiększyłoby wiarygodność i wartość naukową wyników. Ponadto badanie nie uwzględnia szerokiej grupy testowej o zróżnicowanym profilu demograficznym, co ogranicza reprezentatywność uzyskanych wyników. Zastosowanie zróżnicowanej grupy użytkowników mogłoby dostarczyć bardziej wszechstronnych danych na temat zaangażowania różnych typów graczy. Choć opracowano procedurę weryfikacji metodyki, zabrakło bardziej rozbudowanej walidacji wyników na większej liczbie gier i w różnych warunkach. Taka rozszerzona walidacja pomogłaby potwierdzić uniwersalność i dokładność zaproponowanego podejścia, co jest kluczowe dla jego dalszego zastosowania w różnych kontekstach. Mimo to procedura badawcza jest prawidłowa, wyniki są czytelnie przedstawione i właściwie skomentowane.

W całej pracy brak jest jasnych odwołań do hipotezy. W uzasadnieniu sposobu przeprowadzenia eksperymentów takie odwołanie powinno się znaleźć. Ostatecznie można jednak stwierdzić, że hipoteza została udowodniona a cel pracy osiągnięty. Za nowatorskie w pracy można przyjąć:

1. Stworzenie unikalnej metody pomiaru stopnia zaangażowania graczy w gry komputerowe, z zastosowaniem technik neuronauki poznawczej,
2. Opracowanie metodologii wyboru odpowiedniego indeksu zaangażowania do oceny jakości poszczególnych elementów gry,
3. Zaprojektowanie procedury przetwarzania wstępnego sygnału EEG, uwzględniającej zmienną utraty informacji,
4. Opracowanie procedury weryfikacji zaproponowanej metodologii pomiaru zaangażowania graczy,
5. Zastosowanie metod wspomagania decyzji w celu oceny jakości poszczególnych poziomów gry.

W pracy można zauważyć kilka drobnych uchybień. Pragnę podkreślić, że w mojej opinii wymienione uchybienia w żaden sposób nie zmniejszają wartości merytorycznej recenzowanej pracy. Z formalnego punktu widzenia praca jest poprawna, napisana dobrym językiem. Autor dowiódł umiejętności konstruowania tekstu naukowego.

#### **6. Wnioski końcowe w kontekście wymogów art. 187 Ustawy**

Podsumowując stwierdzam, że w recenzowanej rozprawie Doktorant:

- podjął oryginalny problem, ważny i aktualny zarówno pod względem naukowym jak i praktycznym, dla którego zaproponował autorskie rozwiązanie polegające na opracowaniu metod na potrzeby kalibracji kamer niemetrycznych,
- wykazał się posiadaniem ogólnej wiedzy teoretycznej w zakresie informatyki, a w szczególności w odniesieniu do tematyki jakiej dotyczy rozprawa,
- dowiódł, że posiadał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wyczerpuje to wymagania art. 187 Ustawy z 20 lipca 2018 r, zatem stwierdzam, że recenzowana praca w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i może być podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora nauk społecznych w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr Konrada Biercewicza do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

*Borowski*



Prof. dr hab. inż. Bolesław Borkowski

Warszawa, 15.09. 2024 r.

Katedra Metod Ilościowych

Wydział Zarządzania UW

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Konrada Biercewicza pt. „Zapewnienie jakości produktu na podstawie detekcji czynników psychofizjologicznych determinujących stopień zaangażowania użytkownika gier komputerowych” przygotowanej pod kierunkiem naukowym (promotora) dr hab. inż. Mariusza Borawskiego, prof. US oraz dr inż. Jarosława Dudę jako promotora pomocniczego.

## **1. Podstawa prawna**

Podstawą prawną wykonania recenzji jest Uchwała Nr 84/07/2024 Rady Naukowej Instytutu Zarządzania Uniwersytetu Szczecińskiego z dnia 11 lipca 2024 r. Przedmiotem oceny jest maszynopis rozprawy doktorskiej, który łącznie z wykazem bibliografii liczy 224 strony tekstu. Oceniana rozprawa ma klasyczny układ obejmujący część wstępną, 5 rozdziałów o charakterze teoretycznym i empirycznym, podsumowanie i wnioski, bibliografię oraz spis ilustracji i tabel.

Recenzję napisano w celu oceny czy rozprawa spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. z 2023 poz. 742 ze zmianami). Wymogiem art. 187 Ustawy jest, by rozprawa doktorska przygotowywana pod opieką promotora, stanowiła oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne dokonanie artystyczne oraz wykazywała ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej lub artystycznej, a także umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.



## 2. Ocena doboru tematu badawczego

Dynamiczny rozwój przemysłu gier, którego wartość w 2023 roku osiągnęła 184 miliardy dolarów podkreśla rosnące znaczenie tego sektora w kulturze i gospodarce. Dla wielu osób gry komputerowe są istotnym elementem życia codziennego. Wzrastający popyt na różnego rodzaju gry komputerowe, szczególnie wśród młodego pokolenia determinuje wzrost zainteresowania ich jakością. Autor sformułował problem badawczy, który dotyczy identyfikacji czynników psychofizjologicznych wpływających na jakość gier oraz eksploracji możliwości wykorzystania metod neuronauki poznawczej do oceny poziomu zaangażowania gracza.

Autor precyzyjnie określił przedmiot badań, co wskazuje na prawidłowe sformułowanie problemu badawczego. Ważność problemu została potwierdzona w literaturze przedmiotu, szczególnie w odniesieniu do badań z dziedziny psychologii i neuronauki, które podkreślają kluczową rolę psychofizjologicznych czynników w kształtowaniu doświadczeń gracza. Autor zwraca również uwagę na ograniczenia istniejących narzędzi analitycznych, takich jak Unity Analytics, co wzmacnia argumentację na rzecz potrzeby dalszych badań.

Badania autora zmierzają do lepszego zrozumienia, w jaki sposób zaawansowane metody neuronauki poznawczej mogą być zastosowane do oceny i poprawy jakości gier wideo. Celem jest nie tylko identyfikacja kluczowych czynników wpływających na zaangażowanie graczy, ale również opracowanie bardziej precyzyjnych narzędzi do monitorowania i analizy stanu psychofizjologicznego graczy w czasie rzeczywistym, co może prowadzić do tworzenia bardziej angażujących i satysfakcjonujących gier.

Przedstawiona praca ma charakter badawczo – analityczny i dotyczy badań istoty i determinant jakości produktu. Koncentruje się głównie na badaniu jakości gry komputerowej z perspektywy producenta i klienta.

Reasumując, dobór tematu rozprawy doktorskiej oceniam pozytywnie. Wybrany przez Doktoranta problem naukowy i obszar badawczy jest interesujący, ważny i innowacyjny z perspektywy poznawczej i aplikacyjnej. Autor rozprawy doktorskiej wykazał się dobrą znajomością metod neuronauki poznawczej oraz statystyki i ich aplikacji do badania jakości gier komputerowych. Przedstawiona praca mgr Konrada Biercewicza cechuje się oryginalnością podjętej problematyki badawczej, nowoczesnym aparatem badawczym oraz wskazuje przydatność różnych metod rozwiązań w praktyce.

W mojej opinii problem badawczy został sformułowany w sposób prawidłowy, ponadto jego ważność znajduje potwierdzenie w literaturze przedmiotu.

### **3. Cel i hipotezy rozprawy**

W rozprawie został jasno zdefiniowany główny cel pracy, który polegał na opracowaniu zaawansowanego modelu zapewnienia jakości produktu na etapie projektowania gier komputerowych. Model ten ma opierać się na wykorzystaniu technologii do wykrywania czynników psychofizjologicznych, które są kluczowe dla poziomu zaangażowania gracza w rozgrywkę. W celu osiągnięcia tego nadrzędnego celu, Autor wyznaczył szereg bardziej szczegółowych celów badawczych, które obejmują:

1. Przeprowadzenie szczegółowego przeglądu istniejących metod pomiaru cech psychofizjologicznych w kontekście zapewnienia jakości gier komputerowych. Przegląd ten ma na celu wybór najbardziej odpowiedniego indeksu, który będzie skutecznie mierzył zaangażowanie gracza.
2. Zastosowanie wybranego indeksu zaangażowania w praktyce, poprzez przeprowadzenie badań empirycznych. Badania te mają na celu ocenę jakości poszczególnych elementów gry komputerowej na podstawie analizy psychofizjologicznych reakcji uczestników.
3. Przeprowadzenie weryfikacji opracowanej metody, w celu potwierdzenia jej skuteczności i przydatności w rzeczywistych warunkach projektowania gier komputerowych.

Odnosząc się do problematyki przedstawionej przez Autora, w dysertacji przyjęto hipotezę badawczą, która zakłada, że detekcja psychofizjologicznych czynników determinujących zaangażowanie uczestnika w grę komputerową pozwala na identyfikację i wyznaczenie niezbędnych kierunków modyfikacji projektu gry, co jest kluczowe z perspektywy zapewnienia wysokiej jakości produktu końcowego.

Moim zdaniem, hipoteza pracy została sformułowana w sposób nie tylko poprawny, ale również adekwatny do postawionego problemu badawczego. Jest ona ściśle powiązana z głównym celem rozprawy oraz wspiera logiczny rozwój argumentacji w kierunku zrealizowania założonych celów badawczych.

### **4. Ocena układu, wartości naukowej i oryginalności rozprawy**

Przedstawiona do recenzji rozprawa składa się z pięciu rozdziałów, obejmujących łącznie 178 stron oraz zawiera wprowadzenie (7 stron), podsumowanie (5 stron) i spis literatury (23



strony). Praca cechuje się logiczną i spójną strukturą, zgodną z tytułem, choć można zauważyć pewne drobne niedociągnięcia.

Autor w swojej pracy przeprowadził kompleksową analizę zagadnień związanych z zapewnieniem jakości gier komputerowych, kładąc szczególny nacisk na zaangażowanie użytkowników i metody jego pomiaru. W rozdziałach pracy omówiono różne aspekty związane z jakością produktu, zaangażowaniem gracza oraz zastosowaniem metod psychofizjologicznych do oceny jakości elementów gry. Autor zaproponował nowatorskie podejście do pomiaru zaangażowania gracza, które może stanowić istotny wkład w dziedzinie projektowania i oceny jakości gier komputerowych.

Rozdział 1 zawiera teoretyczne zagadnienia dotyczące zapewnienia jakości produktu. Autor na podstawie literatury przedmiotu definiuje pojęcie jakości i przedstawia różne perspektywy jej postrzegania, uwzględniając zarówno punkt widzenia producenta, jak i klienta. W rozdziale omawia także związki pomiędzy jakością a cyklem życia produktu. Szczególna uwaga skupiona jest na jakości gier komputerowych jako specyficznego rodzaju produktu, gdzie Autor analizuje kluczowe czynniki wpływające na jakość oraz etapy i metody jej zapewniania.

Rozdział 2 koncentruje się na tematyce zaangażowania konsumenta w kontekście jakości produktu. Autor przeprowadza analizę różnych istniejących w literaturze przedmiotu koncepcji i determinant zaangażowania konsumenta, szczególnie w odniesieniu do gier komputerowych. Rozdział ten zawiera również analizę, jak zaangażowanie użytkownika wpływa na ocenę jakości gry, a także omawia psychofizjologiczne czynniki, które mogą być wskaźnikami poziomu zaangażowania gracza. Rozdział ten jest zbyt rozbudowany i zawiera wiele informacji, które można byłoby pominąć, np. szczegółowy opis warstw w mózgu, bez straty na wartości merytorycznej tego rozdziału.

Rozdział 3 skupia się na metodycznych aspektach oceny zaangażowania gracza jako elementu procesu zapewniania jakości gry komputerowej. Autor analizuje prezentowane w literaturze różnorodne metody i wskaźniki służące do pomiaru zaangażowania użytkownika. Rozdział ten obejmuje również omówienie technik pomiaru czynników psychofizjologicznych w kontekście oceny zaangażowania, przedstawia narzędzia, metody i techniki używane w tym celu. Na końcu Autor konstruuje indeks poziomu zaangażowania oparty na wybranych czynnikach psychofizjologicznych. Rozdział ten, jak rozdział poprzedni, jest zbyt rozbudowany tym razem o aspekt techniczny, np. miejsca i sposób umieszczania elektrod na głowie, który mógłby być pominięty.



Rozdział 4 stanowi centralny punkt pracy, gdzie Autor przedstawia własną metodykę pomiaru zaangażowania gracza w gry komputerowe. W tym rozdziale wprowadza koncepcję pomiaru zaangażowania, szczegółowo opisuje algorytmy przetwarzania wstępnego sygnału EEG (elektroencefalografii), analizę tego sygnału, a także algorytm służący do wyznaczania indeksu zaangażowania. W rozdziale tym szczegółowo opisane są techniczne aspekty i narzędzia wykorzystywane w procesie monitorowania zaangażowania gracza. Autor zaproponował poprawną metodycznie metodę dekompozycji sygnału pochodzącego z różnych źródeł i eliminacji artefaktów poprzez wykorzystanie analizy składowych niezależnych (Independent Component Analysis, ICA). Prezentowane formuły do obliczenia wartości średnich i macierzy kowariancji dla każdego pasma Alpha, Beta i Theta (4.13 i 4.14) są błędnie zapisane (powinno być  $1/(N-1)$ ), ponieważ powinny być to estymatory nieobciążone. Uwaga ta dotyczy także formuł 4.18; 4.19; 4.23 i 4.24.

Rozdział 5 zawiera analizę badań empirycznych przeprowadzonych przez Autora w kontekście zapewnienia jakości gry komputerowej. Rozdział obejmuje procedurę weryfikacji proponowanej metodyki oceny jakości poszczególnych elementów gry, prezentuje szczegóły dotyczące przeprowadzonego case study. Autor przeprowadził badania na dwóch 30 osobowych grupach (testowej i walidacyjnej) o równym parytecie płci, z takim samym rozkładem elektrod. Z jakiej populacji i w jaki sposób zostały one wybrane? Badaniu została poddana autorska gra platformowa stworzona w silniku Unity. Autor poprawnie analizuje wyniki empiryczne wykorzystując metody statystyki i ekonometrii oraz dokonując wnikliwej i wielowymiarowej analizy wyników badań, koncentrując się na ich interpretacji oraz przedstawiając praktyczne zastosowanie systemów wspomaganie decyzji przez twórców gier. Na zakończenie rozdziału zaprezentowane zostały wnioski wynikające z przeprowadzonych badań, ukazujące efektywność proponowanej metody w praktyce.

W zakończeniu rozprawy zawarto podsumowanie przeprowadzonych badań oraz wynikające z nich wnioski i wskazano na korzyści wynikające ze stosowania proponowanej metody.

#### **4. Ocena źródeł wykorzystanych w pracy**

Bibliografia pracy obejmuje 332 źródła, z dominującą liczbą publikacji anglojęzycznych. Około 19% tych źródeł pochodzi z ostatnich 7 lat (2017-2024), co świadczy o tym, że Doktorant jest dobrze zaznajomiony z najnowszymi badaniami i osiągnięciami w dziedzinie omawianej w pracy. Pomimo pewnych zastrzeżeń dotyczących braku odniesień do pewnych kluczowych



- obszarów, takich jak bardziej szczegółowe aspekty zaangażowania graczy i metod psychofizjologicznych, dobór literatury został przeprowadzony w sposób przemyślany. Kluczowe prace dotyczące jakości i zaangażowania w kontekście projektowania gier komputerowych zostały uwzględnione, co umożliwiło Autorowi przeprowadzenie kompleksowej analizy i rozwinięcie zaproponowanych rozwiązań. Brak odniesień do literatury związanej z innymi pokrewnymi dziedzinami nie wpłynął jednak negatywnie na jakość przeprowadzonych badań ani na trafność zaproponowanej metodologii.

## 5. Podsumowanie

Autor podjął się bardzo trudnego i obszernego problemu badawczego. Próba rozwiązania go wymagała od Doktoranta dużej wiedzy z zakresu technik neuronauki poznawczej i ich aplikacji do oceny i poprawy jakości gier wideo. W pracy zauważalne jest dobre przygotowanie merytoryczne Autora oraz umiejętności posługiwania się przez niego informacją i jej przetwarzaniem. Doktorant poprawnie selekcjonuje informacje, formułuje wnioski oraz zmierza w kierunku uzyskania finalnego rezultatu.

W przeprowadzonym badaniu zabrakło jednak porównania opracowanej metodyki z innymi istniejącymi metodami pomiaru zaangażowania w grach komputerowych. Takie porównanie pozwoliłoby lepiej ocenić efektywność nowego podejścia na tle już stosowanych metod, co zwiększyłoby wiarygodność i wartość naukową wyników. Ponadto badanie nie uwzględnia szerokiej grupy testowej o zróżnicowanym profilu demograficznym, co ogranicza reprezentatywność uzyskanych wyników. Zastosowanie zróżnicowanej grupy użytkowników mogłoby dostarczyć bardziej wszechstronnych danych na temat zaangażowania różnych typów graczy. Choć opracowano procedurę weryfikacji metodyki, zabrakło bardziej rozbudowanej walidacji wyników na większej liczbie gier i w różnych warunkach. Taka rozszerzona walidacja pomogłaby potwierdzić uniwersalność i dokładność zaproponowanego podejścia, co jest kluczowe dla jego dalszego zastosowania w różnych kontekstach. Mimo to procedura badawcza jest prawidłowa, wyniki są czytelnie przedstawione i właściwie skomentowane.

W całej pracy brak jest jasnych odwołań do hipotezy. W uzasadnieniu sposobu przeprowadzenia eksperymentów takie odwołanie powinno się znaleźć. Ostatecznie można jednak stwierdzić, że hipoteza została udowodniona a cel pracy osiągnięty. Za nowatorskie w pracy można przyjąć:

1. Stworzenie unikalnej metody pomiaru stopnia zaangażowania graczy w gry komputerowe, z zastosowaniem technik neuronauki poznawczej,
2. Opracowanie metodologii wyboru odpowiedniego indeksu zaangażowania do oceny jakości poszczególnych elementów gry,
3. Zaprojektowanie procedury przetwarzania wstępnego sygnału EEG, uwzględniającej zmienną utraty informacji,
4. Opracowanie procedury weryfikacji zaproponowanej metodologii pomiaru zaangażowania graczy,
5. Zastosowanie metod wspomaganie decyzji w celu oceny jakości poszczególnych poziomów gry.

W pracy można zauważyć kilka drobnych uchybień. Pragnę podkreślić, że w mojej opinii wymienione uchybienia w żaden sposób nie zmniejszają wartości merytorycznej recenzowanej pracy. Z formalnego punktu widzenia praca jest poprawna, napisana dobrym językiem. Autor dowiódł umiejętności konstruowania tekstu naukowego.

#### **6. Wnioski końcowe w kontekście wymogów art. 187 Ustawy**

Podsumowując stwierdzam, że w recenzowanej rozprawie Doktorant:

- podjął oryginalny problem, ważny i aktualny zarówno pod względem naukowym jak i praktycznym, dla którego zaproponował autorskie rozwiązanie polegające na opracowaniu metod na potrzeby kalibracji kamer niemetrycznych,
- wykazał się posiadaniem ogólnej wiedzy teoretycznej w zakresie informatyki, a w szczególności w odniesieniu do tematyki jakiej dotyczy rozprawa,
- dowiódł, że posiadał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wyczerpuje to wymagania art. 187 Ustawy z 20 lipca 2018 r, zatem stwierdzam, że recenzowana praca w pełni spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i może być podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora nauk społecznych w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości. W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie mgr Konrada Biercewicza do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

*Bonhyswski*