



dr hab. Paweł Cebrykow
Katedra Geomatyki i Kartografii
Instytut Geografii Ekonomicznej
i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie

Lublin 13 kwietnia 2026 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Krzysztofa Zagaty
pt. Efektywność nawigacyjna mini-mapy
w wirtualnej przestrzeni topograficznej

Przygotowanej pod kierunkiem
prof. dr hab. Beaty Medyńskiej-Gulij

Podstawa oceny

Podstawą formalną sporządzenia niniejszej oceny jest uchwała nr 16-2025/2026 Rady naukowej dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, z dnia 24 lutego 2026 r., która wyznaczyła recenzentów w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora mgr. inż. Krzysztofowi Zagacie w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku. Procedurę wszczęto 13 lutego 2026 r. Przekazanie dokumentacji i materiałów postępowania w sprawie nadania doktoratu nastąpiło 5 marca 2026 roku.

Podstawą prawną oceny rozprawy doktorskiej Kandydata ubiegającej się o nadanie stopnia doktora jest art. 190 ust. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Kryteria oceny do sporządzenia recenzji wynikają z art. 187 tejże ustawy.



Wprowadzenie

Recenzowana rozprawa doktorska podejmuje problem efektywności nawigacyjnej mini-mapy w środowisku Virtual Reality (VR). Głównym celem przeprowadzonych badań było określenie optymalnych parametrów mini-mapy wykorzystywanej do nawigacji w wirtualnym modelu miasta, ze szczególnym uwzględnieniem jej kształtu, położenia oraz orientacji. Podjęte zagadnienie ma charakter interdyscyplinarny i wpisuje się w obszar zainteresowań wielu dziedzin nauki, w tym geoinformacji, kartografii, informatyki oraz badań nad interakcją człowiek-komputer (Human Computer Interaction). Jednocześnie poruszana problematyka odpowiada na aktualne potrzeby praktyczne związane z rozwojem technologii wirtualnej rzeczywistości oraz ich zastosowaniami w różnych obszarach działalności człowieka, w tym również w sektorze bezpieczeństwa i obronności.

Podjęty w pracy problem badawczy należy uznać za istotny zarówno z poznawczego, jak i aplikacyjnego punktu widzenia. Znaczenie badań nad efektywnością nawigacji w środowiskach wirtualnych systematycznie rośnie, co wynika z dynamicznego rozwoju technologii Virtual Reality oraz ze wzrastającej złożoności modeli przestrzennych, w tym wirtualnych modeli topograficznych. Wraz z rozwojem tych technologii rośnie także znaczenie badań nad sposobami prezentacji informacji przestrzennej oraz nad rozwiązaniami wspierającymi orientację użytkownika w przestrzeni wirtualnej.

Doskonalenie metod nawigacji stanowi ważny kierunek badań w ramach Human Computer Interaction, gdyż wpływa zarówno na użyteczność systemów VR, jak i na komfort ich immersyjnego użytkowania. W tym kontekście podjęta w rozprawie problematyka badawcza jest aktualna i uzasadniona, a przedstawione badania stanowią próbę rozwiązania istotnego problemu naukowego oraz przyczyniają się do uzupełnienia luki badawczej w dotychczasowym stanie wiedzy.

Układ pracy i jej struktura

Omawiana praca ma formę wydruku o objętości 133 stron, w obrębie których spis wykorzystanych źródeł i spis ilustracji zajmuje 10 stron. Dysertacja zawiera 43 ryciny, wśród których znajdziemy mapy, schematy, wykresy, wizualizacje bazy danych przestrzennych a także tabele. Wśród 138 źródeł wymienionych w spisie literatury znalazły się 3 akty prawne.



Treść rozprawy została podzielona na pięć rozdziałów, w tym numerowany wstęp oraz podsumowanie. We wstępie Autor przedstawił tło badawcze, sformułował główny cel pracy, a także dwie tezy, na których oparto rozprawę, oraz pięć pytań badawczych stanowiących ich rozwinięcie. Uzupełnieniem tej części są dwa cele drugorzędne, określone jako metodyczny i pragmatyczny. W dalszej części wstępu przedstawiono zakres prowadzonych prac badawczych, przy czym należy zauważyć, że nagłówek tej części sugeruje raczej prezentację metod badawczych wykorzystanych w pracy. Autor precyzyjnie zdefiniował przedmiot badań, którym jest mini-mapa nawigacyjna w środowisku Virtual Reality. Wskazano również istniejącą lukę badawczą, co stanowi merytoryczne uzasadnienie podjęcia zaproponowanego kierunku badań.

Pierwszy rozdział pracy w numeracji oznaczony cyfrą 2 i zatytułowany „Mini-mapa jako element nawigacyjny w wirtualnej przestrzeni topograficznej” liczy 11 stron i jest podzielony na 2 podrozdziały. Przedstawiono w nim podstawy teoretyczne oraz definicje związane z podjętym tematem badawczym. Dodatkowo opisano w nim sposób rozumienia kluczowych dla pracy pojęć związanych z konstrukcją i badaniem efektywności nawigacyjnej mini-mapy. Rozdział 3. Liczy 7 stron i jest poświęcony zagadnieniom związanych z projektowaniem wirtualnej przestrzeni topograficznej wykorzystanej w pracy jako przestrzeń, w której testowane są różne warianty mini-mapy. Te dwa rozdziały – w zasadzie, należy włączyć również wstęp – tworzą merytorycznie pierwszą część recenzowanej rozprawy, którą można określić jako przegląd literatury przedmiotu spełniający rolę przygotowania teoretycznego dla części projektowo-badawczej. Przedstawiony stan wiedzy jest aktualny co potwierdza wykorzystana literatura zawierająca 71 pozycji opublikowanych w ostatnich 10 latach. Poruszona w przeglądzie literatury problematyka została przedstawiona w sposób zasadniczo odpowiadający zakresowi podjętego zagadnienia badawczego. Można jednak wskazać, że wartościowym uzupełnieniem tej części pracy byłoby szersze odniesienie się do problematyki generalizacji kartograficznej, która stanowi istotny czynnik opracowanego na potrzeby badań wirtualnego modelu topograficznego.

Zasadnicza część pracy mieści się w rozdziale 3. opatrzonym numerem 4. pt. „Badanie efektywności nawigacyjnej mini-mapy w wirtualnej przestrzeni topograficznej”, który w istocie powiela główny tytuł pracy co nie powinno mieć miejsca. Rozdział ma rozbudowaną strukturę, w skład której wchodzi 4 podrozdziały poświęcone w kolejności: opisowi koncepcji badania efektywności nawigacyjnej mini-mapy, opracowaniu aplikacji niezbędnej do przeprowadzenia badań, właściwemu badaniu z użytkownikami aplikacji oraz analizie i wizualizacji otrzymanych wyników. Wymienione podrozdziały odpowiadają 4 etapom procesu badawczego



prezentowanego w dysertacji. Proces badawczy został zwizualizowany i zamieszczone w pracy w postaci rycin (Ryc. 1., Ryc. 2.), ich przemyślana graficzna konstrukcja wpływa pozytywnie na zrozumienie założeń procesu badawczego prezentowanego w pracy. Objętość rozdziału obejmuje 88 stron i niestety wpływa niekorzystnie na proporcje pracy, utrudnia to odbiór treści i osłabia przejrzystość struktury dysertacji. Wprowadzenie korekt strukturalnych, w tym rozdzielanie treści na samodzielne rozdziały, byłoby wskazane. Podział podniósłby klarowność układu pracy i podkreślił znaczenie kolejnych etapów badawczych prowadzących do realizacji głównego celu pracy.

Ostatnią częścią dysertacji jest Podsumowanie zawierające wnioski i rekomendacje, które w przejrzysty sposób prezentuje wyniki przeprowadzonych badań. Konstrukcja jest uporządkowana i zgodna z logiką pracy odnosząc się do postawionych na początku tez i pytań badawczych. Przyjęto formę opisu polegającą na formułowaniu wniosków ujętych w punktach, co wprowadza porządek i jest syntetycznym podsumowaniem efektów pracy. Dobrze, że Autor podnosi zasadność rozszerzenia badań, które kładłyby nacisk na złożoność przestrzenną wirtualnych modeli przestrzennych. Dodałbym również weryfikację ze względu na różnice kulturowe respondentów, którzy wykorzystują odmienny kierunek czytania. Dobrym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie akapitu poświęconego określeniu użytecznego zastosowania wypracowanych rozwiązań.

Podsumowując ocenę przyjętego układu pracy, należy wskazać, że możliwe było zastosowanie rozwiązania o bardziej zrównoważonej strukturze. Przedstawione uwagi mają jednak w przeważającej mierze charakter dyskusyjny i – mimo częściowo krytycznego charakteru – nie wpływają w istotny sposób na końcową ocenę rozprawy w świetle obowiązujących wymogów ustawowych. Mogą one natomiast stanowić przydatną wskazówkę w wypadku ewentualnego przygotowania pracy do publikacji drukiem.

Merytoryczna ocena pracy

Tytuł pracy jest sformułowany w sposób zwięzły i poprawnie oddaje jej zasadniczą treść. Wybór problemu badawczego nie budzi zastrzeżeń i jest właściwie uzasadniony we wstępie. Sformułowano cel główny pracy, który jasno wskazuje kierunek planowanego badania zmierzający do określenia efektywności nawigacyjnej mini-mapy w powiązaniu z jej trzema zmiennymi cechami: położeniem, kształtem i orientacją. Sformułowano również dwie tezy badawcze.



Pierwsza: *Typy mini-mapy według położenia, kształtu i orientacji (zaprojektowanej według gier) wykazują zróżnicowanie wymiernych charakterystyk nawigacyjnych: odległość i czas przejścia oraz czas patrzenia na mini-mapę w skalowalnej wirtualnej przestrzeni topograficznej.* Druga teza: *Ilościowe wizualizacje kartograficzne (kartodiagram wstęgowy i mapa ciepła) ujawniają wpływ typu mini-mapy na cechy przestrzenne nawigacji (natężenie i strategia wyboru ulic do przejścia) w wirtualnej przestrzeni topograficznej.* Pozwoliły one na podanie pięciu pytań badawczych oraz celu metodycznego i pragmatycznego. Jasno określone cele, zaznaczona ich hierarchia oraz pytania badawcze w zdecydowany sposób przyczyniają się do łatwego wytyczenia logicznej i konsekwentnej ścieżki badawczej. Pewnym mankamentem jawi się w tym zestawieniu druga teza, ponieważ jest ona dość oczywista, szczególnie dla kartografów.

Realizacja głównego celu pracy została przeprowadzona w kilku etapach, które opisano w podrozdziale poświęconym koncepcji badań. Pierwszy etap obejmuje ustalenie sześciu elementów składających się na projekt badawczy. Przedstawiono w nim: założenia projektowe wszystkich wariantów mini-map, sposób odwzorowania wirtualnej rzeczywistości topograficznej na mini-mapie, metody pozyskiwania informacji o efektywności nawigacyjnej, zastosowane narzędzia i oprogramowanie, grupę uczestników poddanych badaniu oraz metody analizy i wizualizacji uzyskanych wyników.

Przyjęte założenia w zdecydowanej większości mają charakter dość oczywisty i nie budzą zasadniczych wątpliwości. Niektóre rozstrzygnięcia, przykładem może wykorzystanie klasycznych schematów wizualizacyjnych do projektowania mini-mapy, należy pochwalić. Pewne zastrzeżenia można jednak zgłosić w odniesieniu do kształtu mini-mapy, który został potraktowany jako zmienna wpływająca na efektywność nawigacji. W rzeczywistości kształt mini-mapy jest pochodną zmiany powierzchni jej zasięgu. W przyjętym rozwiązaniu – na co wskazuje ryc. 36. – mapa o kształcie kwadratu obejmuje większy obszar niż mapa zamknięta w kole, co samo w sobie może wpływać na wyniki badania. W konsekwencji mamy do czynienia z pewnym skrótem myślowym, w którym wskazanie kształtu przestrzeni właściwą zmienną oddziałującą na skuteczność nawigacji.

W opisie sposobu prezentacji wirtualnej przestrzeni topograficznej Autor odwołuje się do klasycznej kartografii wymieniając takie procesy jak selekcja, generalizacja i symbolizacja. Lepszym rozwiązaniem byłoby powołanie się na redakcję kartograficzną, która w tym wypadku jest pojęciem nadrzędnym, podobnie jak u A.H. Robinsona generalizacja kartograficzna zawiera sens pojęć takich jak selekcja i symbolizacja.



Konstrukcja grupy testującej właściwości nawigacyjne mini-mapy jest prawidłowa. Liczebność obejmująca 224 osób podzielonych na 8 grup oddelegowanych do każdego wariantu mini-mapy, pozwala na osiągnięcie dużej wiarygodności badania. Dodatkowo eliminując efekt uczenia się, który wpływałby na kolejne testy.

Ostatnim elementem są ustalone metody analizy i wizualizacji uzyskanych wyników, które zwracają uwagę dbałością o rzetelne potwierdzenie istotności wyników wyrażoną zastosowanym aparatem statystycznym. Widoczna jest również staranność w komunikowaniu otrzymanych wyników, które obok pomiarów i opisu wykorzystuje kartodiagramy wstępowe i tzw. mapy ciepła.

Wykonanie aplikacji służącej do przeprowadzenia badania stanowi pierwszy etap wykonawczy projektu badawczego. W pierwszej kolejności opracowano wirtualną przestrzeń topograficzną. Jako źródło danych wykorzystano Bazę Danych Obiektów Topograficznych o szczegółowości odpowiadającej mapie w skali 1:10 000 (BDOT10k). Wybór BDOT10k należy uznać za trafny, między innymi ze względu na możliwość zachowania relacji przestrzennych występujących w rzeczywistości. Etap ten miał charakter techniczny i służył przygotowaniu środowiska badawczego, w którym przeprowadzono właściwe badania.

Przedstawiony opis w sposób szczegółowy wyjaśnia przyjęte założenia teoretyczne oraz zastosowane oprogramowanie. Dobrym rozwiązaniem jest zamieszczenie szczegółowego schematu równoległego tworzenia mini-mapy oraz przestrzeni topograficznej (ryc. 2). Opis obejmuje również charakterystykę trasy testowej, wybór punktu startowego i końcowego oraz obiektów pośrednich, przez które uczestnicy musieli przejść. Jest to dobra praktyka, ponieważ stwarza możliwość powtórzenia badania.

W kolejnym kroku zaprojektowano aplikację w środowisku UNITY, do którego zaimportowano przygotowaną bazę danych 3D. Sprawdzone silniki grafiki trójwymiarowej, takie jak UNITY czy Unreal, umożliwiają dynamiczne odwzorowanie przestrzeni, pierwotnie wykorzystywane w grach komputerowych. Wybór takiego rozwiązania należy ocenić pozytywnie, gdyż zapewnia stabilną i sprawdzoną platformę badawczą, umożliwiającą uczestnikom badania odpowiedni poziom immersji w zaprojektowanej przestrzeni krajobrazowej.

Przestrzeń ta została przedstawiona na poziomie szczegółowości LoD1 (ryc. 9), w którym odtworzono uproszczone modele budynków w postaci brył pozbawionych detali architektonicznych. Należy zauważyć, że zwiększenie szczegółowości modelu, na przykład do poziomu LoD2 lub nawet LoD3, mogłoby zapewnić wyższy poziom immersji. Uwaga ta ma jednak

charakter jedynie komentarza, zważywszy na znaczne zwiększenie nakładu pracy koniecznego do wygenerowania bardziej szczegółowych modeli dla 1331 budynków zawartych w bazie danych. Trafnym rozwiązaniem jest również zastosowanie perspektywy osoby poruszającej się wewnątrz przestrzeni testowej, która pozwala na *najpełniejsze* odczucie immersji.

Drugi etap obejmuje badania sprawności nawigacji dla 8 wariantów mini-mapy, różniących się położeniem, kształtem i orientacją przestrzenną. Analiza obejmowała pomiar fizycznych właściwości pokonywanych w teście tras (odległość i czas) oraz parametrów pracy wzroku osoby poddanej testom. Powiązanie tych parametrów z pojęciem efektywności nawigacyjnej jest ze wszelkich miar słuszne, jednak jak zauważył Autor nie ukazuje wszystkich uwarunkowań związanych z optymalnym wyborem trasy. Wykorzystanie badania okulograficznego (eye tracking) jest elementem uzupełniającym główne badanie i należy je docenić z powodu możliwości oceny zaangażowania użytkownika w proces analizy obrazu. Wyniki z pewnością mogą być użyteczne do ulepszenia interfejsu użytkownika (w tym mini-mapy) i w rezultacie do podniesienia sprawności nawigacyjnej konstruowanych aplikacji.

Zebrane wyniki zostały poddane analizie w trzecim etapie badań. Pomiarzy czasu przejścia oraz pokonanej odległości, jako dane ilościowe, poddano analizie pod kątem występowania korelacji oraz istotności statystycznej uzyskanych wyników. Uzupełnieniem części analitycznej była wizualizacja częstości wyboru alternatywnych odcinków trasy, a także wizualizacja fiksacji gałek ocznych w postaci tzw. map ciepła.

Zastosowana analiza statystyczna stanowi istotny element opracowania, ponieważ pozwala na weryfikację, które zmienne w sposób rzeczywisty wpływają na efektywność nawigacji. Dobór zastosowanych testów można uznać za spójny i tworzący logiczną sekwencję postępowania badawczego. Na uwagę zasługuje również wykorzystanie kartodiagramów przedstawiających ilościowe charakterystyki wyboru poszczególnych odcinków tras prowadzących do celu. Rozwiązanie to umożliwia bardziej przejrzystą interpretację zróżnicowania decyzji nawigacyjnych podejmowanych przez uczestników badania.

Porównanie kartodiagramów pozwala ponadto uchwycić stopień odchylenia od optymalnej ścieżki prowadzącej do celu. W całościowej ocenie przeprowadzonej analizy należy podkreślić jej wieloaspektowy charakter, który w istotny sposób wzmacnia wiarygodność uzyskanych wyników.



Synteza otrzymanych wyników prowadzona jest w formie dyskusji wskazującej wnioski płynące z przeprowadzonych badań. W tej formule udało się wskazać szereg dodatkowych okoliczności wpływających z różną intensywnością na efektywność nawigacji. Jest to dobre rozwiązanie potwierdzające właściwe podejście badawcze. Założenie ograniczające badanie do trzech zmiennych w tym kontekście wydaje się być założeniem koniecznym. Uproszczenie modelu badawczego uczyniło badanie możliwym do wykonania. Z pomiarów wynika, że na czas przejścia decydujący wpływ ma położenie mapy, przy niejednoznacznym wpływie kształtu, który uwidacznia się wyraźnie jedynie na drugim etapie trasy testowej. Natomiast zależność długości pokonanej trasy wyraźnie jest widoczna przy zmianie położenia mini-mapy. Jak już wcześniej wspomniano, nie do końca przekonuje zdefiniowanie zmiennej kształtu. Argumenty przemawiające za wątpliwościami przytoczone są również w samej pracy (str. 99), wskazując, że to większy zasięg mapy pozwala dostrzec wcześniej punkt docelowy, w rezultacie ułatwiając nawigację.

Wyniki badań okulograficznych wskazały położenie mini-mapy jako decydującą cechę wpływającą na obciążenie poznawcze użytkownika. Interesująca wydaje się perspektywa badań – na co była już zwracana uwaga – w grupie wywodzącej się z innego kręgu kulturowego w którym obowiązują odmienne schematy czytania.

Zwieńczeniem przeprowadzonych badań jest stwierdzenie osiągnięcia głównego celu pracy poprzez potwierdzenie postawionych tez badawczych. Uzyskane wyniki umożliwiły sformułowanie szeregu wniosków, z których większość należy uznać za trafne i dobrze uzasadnione. Zostały one przedstawione w syntetycznej formie, co świadczy o umiejętności uporządkowania oraz podsumowania rezultatów własnych prac badawczych.

Autor formułuje ponadto rekomendacje projektowe, również ujęte w sposób syntetyczny, zawierające konkretne wskazówki dotyczące projektowania interfejsów nawigacyjnych. Większość przedstawionych wniosków ma istotną wartość poznawczą i – w połączeniu z rekomendacjami – może stanowić użyteczny wkład w doskonalenie narzędzi wspierających nawigację w wirtualnej przestrzeni.

Należy jednak zauważyć, że część sformułowanych wniosków ma charakter dość oczywisty i wynika wprost z zastosowanej metodologii badawczej, przez co ich wartość interpretacyjna jest ograniczona. Dotyczy to stwierdzenia: „Wizualizacje kartograficzne umożliwiają identyfikację różnicowania przebiegu tras, intensywności uczęszczania odcinków oraz dominujących



schematów przepływu ruchu w zależności od typu zastosowanej mini-mapy oraz etapu zadania nawigacyjnego”.

Pozytywnie należy ocenić wnioski wskazujące potrzebę dalszego badania mniej oczywistych zmiennych, takich jak złożoność przestrzeni, dokładności jej odwzorowania oraz składu grupy badawczej. Natomiast odczuwalny jest brak wskazania konkretnych obszarów zastosowania otrzymanych wyników, które w opinii recenzenta mogą być wykorzystane np. w ratownictwie i na polu walki.

Strona edycyjna pracy

Wizualna strona pracy wzbogacona jest 2 schematami, kodem skryptu C#, ponadto umieszczono mapy, wykresy oraz tabele. Ryciny charakteryzuje wysoka jakość, przemyślana konstrukcja i przejrzystość, pomimo nieraz dużego poziomu skomplikowania. Niewątpliwie podnosi to graficzną jakość opracowania. Narracja jest poprawna i korzystnie wpływa na komfort czytania, choć zdarzają się niezręczności stylistyczne, błędy literowe i skróty myślowe (np. termin „mapy kartograficzne” na str. 32, lub na str. 42 „lokalizacja wzroku na ekranie”).

Widoczna jest pewna niedbałość w zachowaniu standardów edytorskich, przykładem może być numeracja stron widoczna od pierwszej karty pracy, brak konsekwencji w użyciu pauzy, półpauzy i dywizu oraz zapis numeracji rycin, pomijający kropkę po liczbie. Należy również zwrócić uwagę na formatowanie spisu treści – prawdopodobnie wygenerowanego automatycznie – bowiem jego wygląd wprowadza niepokój graficzny negatywnie wpływający na jego czytanie. Niezrozumienie budzi podpisywanie wszystkich elementów uzupełniających tekst jako rycin, bez wyróżnienia tabel, których w sumie załączono 9.

Wymienione niedoskonałości nie mają wpływu na merytoryczną część pracy, ale wywołują lekką konsternację w trakcie czytania wynikającą z odstępstwa od standardowej formy edytorskiej. Mogą być wykorzystane w przygotowaniu publikacji do druku.

Podsumowanie

Po wnikliwej analizie przedłożonej rozprawy doktorskiej możliwe jest dokonanie jej oceny pod względem formalnym, w odniesieniu do wymagań określonych w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

W pracy przedstawiono aktualny stan wiedzy w zakresie zagadnień bezpośrednio związanych z tematyką rozprawy. W tym celu wykorzystano łącznie 138 pozycji literaturowych. Dobór źródeł należy ocenić jako trafny i wystarczający z punktu widzenia realizacji podjętej problematyki badawczej. Jednocześnie należy podkreślić, że ograniczona liczba cytowanych publikacji może być postrzegana jako przejaw świadomej i właściwej selekcji literatury, co – w warunkach powszechnej dostępności bardzo licznych źródeł w Internecie – stanowi istotną kompetencję badawczą. Przedstawiony przegląd literatury świadczy o dobrym przygotowaniu teoretycznym Autora oraz o wysokim poziomie jego wiedzy w zakresie geoinformacji i kartografii.

Ponadto oceniana dysertacja prezentuje badanie charakteryzujące się rozbudowanym i spójnym planem działania, obejmującym wszystkie zasadnicze elementy poprawnie skonstruowanego procesu badawczego. Obejmuje on zarówno etap przygotowawczy – począwszy od wyboru danych, ich transformacji oraz przygotowania środowiska badawczego w postaci aplikacji umożliwiającej poruszanie się w wirtualnej rzeczywistości – jak i kolejne etapy badań, w tym konstrukcję testów przeprowadzonych z udziałem grupy badawczej, zbieranie wyników, ich analizę i interpretację, a także podsumowanie badań wraz z ich krytyczną oceną oraz sformułowaniem wniosków.

Do realizacji poszczególnych etapów procesu badawczego wykorzystano szereg narzędzi oraz specjalistycznego oprogramowania, co świadczy o dużej swobodzie Autora w posługiwaniu się współczesnym warsztatem badawczym. W interpretacji wyników umiejętnie zastosowano metody statystyczne, natomiast do ich prezentacji wykorzystano odpowiednio dobrane formy wizualizacji, w tym schematy oraz mapy.

W końcowej części pracy zestawiono wnioski, które w syntetyczny sposób podsumowują uzyskane rezultaty badań. Przedstawione argumenty potwierdzają umiejętność Autora samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Przedstawiony w pracy problem naukowy należy uznać za istotny z punktu widzenia badań naukowych, a zaproponowany sposób jego rozwiązania można określić jako oryginalny. Przemawia za tym szereg argumentów, przede wszystkim fakt, że dotyczy on aktualnej problematyki badawczej związanej z doskonaleniem interakcji człowiek-komputer (Human-Computer Interaction).



Sposób rozwiązania podjętego problemu ma charakter interdyscyplinarny, łącząc różnorodne narzędzia badawcze oraz perspektywy związane zarówno z projektowaniem, jak i wykorzystaniem mini-mapy w nawigacji w środowisku wirtualnej rzeczywistości (VR).

Postęp w zakresie efektywności nawigacji może mieć istotne przełożenie na różne obszary działalności człowieka, w tym między innymi na działania ratunkowe czy operacje militarne. Przykładem mogą być systemy sterowania dronami w trybie First Person View (FPV), w których sprawna orientacja przestrzenna oraz szybka interpretacja informacji nawigacyjnej odgrywają pierwszoplanową rolę.

Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Krzysztofa Zagaty stanowi przemyślane i oryginalne opracowanie naukowe, które potwierdza zarówno szeroką wiedzę Autora, jak i jego umiejętność prowadzenia samodzielnych badań naukowych. Oceniam ją jednoznacznie pozytywnie. W związku z powyższym, na podstawie art. 187 ust.1 i 2 ustawy z dnia 20.07.2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz. U. 2021 r. poz. 478 z późniejszymi zmianami) wnioskuję do Rady naukowej dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku, Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu o dopuszczenie Pana mgr. inż. Krzysztofa Zagaty do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

z poważaniem