mgr inż. Piotr Lichograj[1], dr inż. Marta Chodyka[2],
Jarosław Fabijańczuk[3], prof. dr hab. Vladimir Golovko[4]
Akademia Bialska im. Jana Pawła II, Biała Podlaska

https://doi.org/10.29316/9788368103281_4

ZASTOSOWANIA I WYZWANIA TECHNOLOGII IMMERSYJNYCH W EDUKACJI

APPLICATIONS AND CHALLENGES OF IMMERSIVE TECHNOLOGIES IN EDUCATION

Streszczenie

Rozdział analizuje możliwości i ograniczenia wykorzystania technologii immersyjnych – rzeczywistości wirtualnej (VR), rozszerzonej (AR) i mieszanej (MR) – w edukacji formalnej. Celem opracowania jest zbadanie, w jaki sposób VR/AR/MR wpływają na zaangażowanie uczniów, przyswajanie trudnych i abstrakcyjnych treści oraz postrzeganą skuteczność procesu nauczania, a także jakie bariery utrudniają ich wdrażanie w szkołach i na uczelniach. Problem badawczy dotyczy zatem realnej wartości dodanej technologii immersyjnych w porównaniu z metodami tradycyjnymi przy jednoczesnym uwzględnieniu kosztów, dostępności infrastruktury oraz przygotowania kadry dydaktycznej. Zastosowano badanie ankietowe na próbie 50 uczniów i nauczycieli z różnych poziomów kształcenia, wykorzystując kwestionariusz z 12 pytaniami zamkniętymi i otwartymi. Dane przeanalizowano z użyciem miar statystyki opisowej (średnia, odchylenie standardowe) oraz testów statystycznych (test t-Studenta, korelacja rang Spearmana, jednoczynnikowa

[1] https://orcid.org/0000-0002-1351-4874, e-mail: p.lichograj@dyd.akademiabialska.pl
[2] https://orcid.org/0000-0002-8819-2451, e-mail: m.chodyka@dyd.akademiabialska.pl
[3] student, e-mail: fabijanczuk16419@stud.akademiabialska.pl
[4] https://orcid.org/0000-0003-2615-289X, e-mail: v.golovko@dyd.akademiabialska.pl

analiza wariancji ANOVA), uzupełnionych analizą jakościową komentarzy respondentów. Uzyskane wyniki wskazują na wysoką ocenę edukacyjnego potencjału VR/AR/MR (średnia skuteczności 4,1/5), brak istotnych różnic w ocenach między uczniami i nauczycielami oraz między kobietami i mężczyznami, a także słabą, lecz istotną odwrotną zależność między wiekiem a akceptacją tych technologii. Respondenci z wyższym poziomem doświadczenia technologicznego silniej doceniają wartość edukacyjną rozwiązań immersyjnych, podczas gdy główne bariery wdrożeniowe to koszty sprzętu, ograniczona infrastruktura oraz potrzeba systematycznych szkoleń nauczycieli. W części aplikacyjnej rozdział formułuje rekomendacje dla praktyki edukacyjnej, dotyczące etapowego wdrażania VR/AR/MR, projektowania scenariuszy zajęć oraz budowania kompetencji cyfrowych kadry, wskazując technologie immersyjne jako ważny kierunek rozwoju nowoczesnej dydaktyki.

Słowa kluczowe: technologie immersyjne, rzeczywistość wirtualna (VR), rzeczywistość rozszerzona (AR), rzeczywistość mieszana (MR), edukacja, zaangażowanie uczniów, analiza statystyczna, wdrażanie technologii

Abstract

The chapter analyses the possibilities and limitations of using immersive technologies –virtual reality (VR), augmented reality (AR) and mixed reality (MR) – in formal education. The aim of the study is to examine how VR/AR/MR influence student engagement, the acquisition of difficult and abstract content, and the perceived effectiveness of the teaching – learning process, as well as to identify the main barriers to their implementation in schools and higher education institutions. The research problem therefore concerns the actual added value of immersive technologies compared to traditional methods, while simultaneously accounting for costs, infrastructure availability and the level of teacher preparedness. A survey was conducted on a sample of 50 students and teachers representing different stages of education, using a questionnaire consisting of 12 closed and open-ended questions. The data were analysed using descriptive statistics (mean, standard deviation) and statistical tests (Student's t-test, Spearman's rank correlation, one-way ANOVA), supplemented by a qualitative analysis of respondents' comments. The findings indicate a high assessment of the educational potential of VR/AR/MR (mean effectiveness rating of 4.1/5), no statistically significant differences in evaluations between students and teachers or between women and men, and a weak yet significant negative relationship between age and acceptance of these technologies. Respondents with a higher level of technological experience more strongly recognise the educational value of immersive solutions, whereas the main implementation barriers include equipment costs, limited infrastructure and the need for systematic teacher training. In its applied section, the chapter formulates recommendations for educational practice regarding the phased implementation of VR/AR/MR, the design of learning scenarios and the development of

teachers' digital competences, indicating immersive technologies as an important direction for the development of contemporary didactics.

Keywords: immersive technologies, virtual reality (VR), augmented reality (AR), mixed reality (MR), education, student engagement, statistical analysis, technology implementation

Wstęp

W ostatnich latach technologie immersyjne, takie jak rzeczywistość wirtualna (ang. Virtual Reality, VR), rozszerzona (ang. Augmented Reality, AR) oraz mieszana (ang. Mixed Reality, MR), stają się coraz bardziej obecne w różnych dziedzinach życia, w tym w edukacji. Ich potencjał do transformacji procesu nauczania i uczenia się jest ogromny, co sprawia, że są one uznawane za narzędzia przyszłości. VR pozwala na pełne zanurzenie użytkownika w cyfrowo wykreowanym świecie, AR wzbogaca otaczającą nas rzeczywistość o elementy generowane komputerowo, a MR łączy oba te światy, umożliwiając interakcję między obiektami fizycznymi i wirtualnymi w czasie rzeczywistym. Dzięki temu technologie te oferują nowe, angażujące formy nauczania, które mogą zwiększyć efektywność przyswajania wiedzy i umiejętności.

Wprowadzenie tych technologii do edukacji może stanowić odpowiedź na wyzwania współczesnego systemu kształcenia, który musi sprostać zmieniającym się potrzebom uczniów w erze cyfrowej. VR, AR i MR umożliwiają tworzenie dynamicznych, interaktywnych środowisk nauczania, które mogą lepiej dostosować się do indywidualnych potrzeb uczących się oraz angażować ich w bardziej aktywny sposób. Poprzez realistyczne symulacje i wirtualne eksperymenty, uczniowie mogą zdobywać wiedzę w sposób bardziej intuicyjny i praktyczny, co ma szczególne znaczenie w naukach ścisłych, medycynie, inżynierii czy sztuce. Mimo ogromnego potencjału, wdrożenie technologii immersyjnych w edukacji wiąże się z szeregiem wyzwań. Wysokie koszty sprzętu, ograniczona dostępność oraz potrzeba odpowiedniego szkolenia nauczycieli to główne bariery, które utrudniają powszechne zastosowanie tych narzędzi w szkołach i uczelniach. Ponadto, istnieją obawy

dotyczące bezpieczeństwa użytkowania oraz skuteczności tych technologii w długoterminowej perspektywie.

Celem niniejszego rozdziału jest kompleksowa analiza potencjału, wyzwań oraz ograniczeń związanych z wdrożeniem technologii immersyjnych (VR, AR, MR) w edukacji. Opracowanie bada, w jaki sposób technologie te mogą wpłynąć na zaangażowanie uczniów, efektywność przyswajania wiedzy oraz innowacyjność metod nauczania, szczególnie w kontekście trudnych i abstrakcyjnych zagadnień. Analiza opiera się na badaniach przeprowadzonych wśród uczniów i nauczycieli, uwzględniając ich opinie na temat skuteczności oraz praktycznych aspektów stosowania tych rozwiązań. Rozdział stawia sobie również za cel wskazanie perspektyw rozwoju technologii immersyjnych oraz sformułowanie rekomendacji, które mogą ułatwić ich skuteczne wdrożenie i szerokie wykorzystanie w różnych obszarach edukacji.

Technologie immersyjne w edukacji

Technologie immersyjne, takie jak rzeczywistość wirtualna (ang. Virtual Reality, VR), rzeczywistość rozszerzona (ang. Augmented Reality, AR) oraz rzeczywistość mieszana (ang. Mixed Reality, MR), zyskały na znaczeniu jako innowacyjne narzędzia w procesie edukacyjnym (Bacca i in., 2014). Integrując cyfrowe środowiska z fizycznym otoczeniem, umożliwiają nowe formy interakcji, co wzbogaca tradycyjne metody nauczania. Każda z tych technologii oferuje inne podejście do wprowadzania treści cyfrowych, wspierając efektywność procesu uczenia się i zwiększając zaangażowanie uczniów. Wirtualna rzeczywistość (VR) oferuje użytkownikowi pełne zanurzenie w cyfrowym środowisku, które jest całkowicie odizolowane od rzeczywistego świata. Za pomocą specjalistycznego sprzętu, takiego jak gogle VR i kontrolery, uczniowie mogą wchodzić w interakcje z wirtualnym otoczeniem, które może symulować zarówno miejsca, jak i sytuacje niedostępne w rzeczywistości. Badania pokazują, że VR jest szczególnie skuteczne w dziedzinach nauk ścisłych, takich jak chemia, fizyka czy biologia, gdzie można odtworzyć niebezpieczne lub kosztowne eksperymenty w kontrolowanym, wirtualnym środowisku (Bozgeyikli i Bozgeyikli, 2019). Dodatkowo, VR znalazło zastosowanie w szkoleniu medycznym, gdzie studenci mogą praktykować

procedury chirurgiczne w symulowanym środowisku bez ryzyka popełnienia błędów, które w rzeczywistości mogłyby mieć poważne konsekwencje (Seymour i in., 2002). Wirtualne symulacje z wykorzystaniem VR poprawiają przyswajanie wiedzy, pozwalając uczniom na eksperymentowanie w bezpiecznym środowisku, co znacznie podnosi efektywność nauczania (Radianti i in., 2020). Rzeczywistość rozszerzona różni się od VR tym, że nie odcina użytkownika od rzeczywistego świata, lecz nakłada na niego elementy cyfrowe, które wzbogacają jego percepcję. W edukacji AR umożliwia interakcję z rzeczywistymi obiektami wzbogaconymi o cyfrowe informacje, co znajduje zastosowanie w takich dziedzinach jak nauki przyrodnicze i techniczne. Uczniowie mogą korzystać z aplikacji AR, które wyświetlają dodatkowe informacje o otaczających ich przedmiotach, np. podczas nauki anatomii, gdzie AR pozwala na nałożenie cyfrowego modelu ludzkiego ciała na rzeczywiste obiekty (Chytas i in., 2020). Dzięki temu nauka staje się bardziej angażująca, a uczniowie zyskują możliwość lepszego zrozumienia złożonych zagadnień poprzez wizualizację. AR wspiera także naukę języków, historii czy geografii, gdzie aplikacje mobilne wykorzystujące rzeczywistość rozszerzoną mogą wzbogacić tradycyjne metody nauczania, umożliwiając np. wirtualne zwiedzanie miejsc historycznych (Daniela, 2020). Rzeczywistość mieszana zaś, będąca połączeniem VR i AR, umożliwia interakcję z wirtualnymi obiektami w czasie rzeczywistym w rzeczywistym otoczeniu. Ta technologia zyskuje na znaczeniu zwłaszcza w dziedzinach takich jak inżynieria, gdzie studenci mogą manipulować wirtualnymi modelami urządzeń w rzeczywistych środowiskach. MR pozwala na tworzenie wirtualnych laboratoriów, w których uczniowie mogą badać interakcje między rzeczywistymi i cyfrowymi obiektami. Dzięki temu możliwe jest przeprowadzanie bardziej złożonych badań i symulacji, które w rzeczywistości mogłyby być niemożliwe do zrealizowania ze względu na koszty lub ograniczenia technologiczne (Bimber i Raskar, 2005). Zastosowanie MR w edukacji medycznej pozwala na ćwiczenie procedur w złożonych, symulowanych środowiskach, co przyczynia się do poprawy jakości kształcenia przyszłych lekarzy (Barrie i in., 2019).

Technologie immersyjne, takie jak VR, AR i MR, coraz bardziej znajdują zastosowanie w edukacji, zwłaszcza w naukach ścisłych i humanistycznych. Wirtualna rzeczywistość pozwala uczniom na bezpieczne przeprowadzanie

symulacji naukowych, co eliminuje ryzyko związane z rzeczywistymi eksperymentami. Badania wykazują, że takie rozwiązania poprawiają zarówno zrozumienie, jak i zaangażowanie uczniów. Przykłady obejmują symulacje w laboratoriach chemicznych oraz operacje chirurgiczne w środowiskach VR (Radianti i in., 2020). Dzięki AR możliwe jest również wzbogacenie tradycyjnych lekcji, np. poprzez wizualizację modeli anatomicznych czy geograficznych w czasie rzeczywistym, co ułatwia naukę skomplikowanych pojęć (Chytas i in., 2020). Rzeczywistość mieszana natomiast, łącząc elementy VR i AR, pozwala na interakcję z cyfrowymi obiektami w fizycznym środowisku, co znajduje szczególne zastosowanie w dziedzinach takich jak inżynieria i medycyna, gdzie uczniowie mogą manipulować wirtualnymi modelami w rzeczywistości. Wprowadzenie tych technologii wymaga jednak inwestycji w odpowiedni sprzęt i infrastrukturę, jak również przeszkolenia kadry nauczycielskiej (Meta, 2024).

Technologie immersyjne wykorzystywane są nie tylko w naukach ścisłych, ale także w edukacji humanistycznej. Dzięki wirtualnym wycieczkom, uczniowie mogą odwiedzać trudno dostępne miejsca, takie jak muzea czy stanowiska archeologiczne, co zwiększa ich zaangażowanie i umożliwia głębsze zrozumienie kontekstu kulturowego (Chang i in., 2023). Aplikacje AR znalazły również zastosowanie w nauce języków obcych, gdzie uczniowie mogą wizualizować i rozpoznawać obiekty w języku docelowym, co wspomaga ich interakcję z materiałem dydaktycznym. Ponadto, w lekcjach historii cyfrowe symulacje pozwalają na interaktywną naukę wydarzeń historycznych, co pogłębia zrozumienie ich kontekstu i wpływu na współczesność (Al-Ansi i in., 2023). Integracja tych technologii w edukacji wymaga jednak odpowiedniego sprzętu i oprogramowania, a także kompetencji nauczycieli do ich efektywnego wdrożenia (Freese i in., 2023).

Pomimo wyzwań związanych z wprowadzeniem VR, AR i MR, ich potencjał w edukacji jest ogromny. Badania potwierdzają, że technologie te znacząco zwiększają motywację i efektywność nauki, szczególnie w kontekście praktycznych zajęć, gdzie uczniowie mogą ćwiczyć w bezpiecznych środowiskach symulacyjnych. Przyszłe badania powinny skupić się na personalizacji i dostosowaniu tych technologii do indywidualnych potrzeb uczniów, co pozwoli na ich jeszcze szersze zastosowanie w różnych dziedzinach edukacji

(Radianti i in., 2020). Technologie immersyjne, takie jak VR, AR i MR, oferują nowe, innowacyjne rozwiązania w procesie edukacyjnym. Ich pełne wykorzystanie zależy jednak od dostępności odpowiedniego sprzętu, inwestycji w infrastrukturę oraz przeszkolenia kadry nauczycielskiej. Przyszłość edukacji z pewnością będzie związana z dalszym rozwojem tych technologii, które mogą znacząco podnieść efektywność nauczania i zaangażowanie uczniów, szczególnie w dziedzinach, które wymagają interaktywnego i praktycznego podejścia (Radianti i in., 2020).

Metodologia badań

W celu przeanalizowania percepcji technologii immersyjnych (VR, AR, MR) w edukacji przeprowadzono badanie ankietowe, którego głównym celem było zrozumienie, jak te technologie są postrzegane przez uczniów i nauczycieli z różnych poziomów edukacji. Badanie umożliwiło zebranie przekrojowych danych na temat doświadczeń, preferencji i wyzwań związanych z wdrażaniem tych technologii w procesie nauczania. Dzięki temu możliwe było uzyskanie pogłębionego wglądu w to, jak technologie immersyjne wpływają na proces edukacyjny, zarówno z perspektywy użytkowników, którzy mieli już styczność z tymi narzędziami, jak i tych, którzy dopiero zaczynają je wykorzystywać.

Badanie zostało przeprowadzone na próbie liczącej 50 respondentów, obejmującej uczniów i nauczycieli z różnych szczebli edukacji: od szkół podstawowych, przez szkoły średnie, aż po uczelnie wyższe. Dobór próby został przeprowadzony losowo, aby zapewnić zróżnicowanie demograficzne oraz szerokie spektrum doświadczeń związanych z technologiami immersyjnymi. Dzięki temu możliwe było uzyskanie pełniejszego obrazu dotyczącego postrzegania technologii VR, AR i MR przez osoby o różnych poziomach wiedzy technologicznej, co pozwoliło na lepsze zrozumienie potencjalnych korzyści i barier w ich implementacji w edukacji.

W badaniu zastosowano kwestionariusz ankietowy, który składał się z 12 pytań. Kwestionariusz został podzielony na kilka sekcji:

1. Dane demograficzne: Pytania dotyczące wieku, płci oraz poziomu edukacji respondentów miały na celu określenie wpływu demograficznych

czynników na percepcję i doświadczenia związane z technologiami immersyjnymi.
2. Doświadczenia związane z technologiami immersyjnymi: Pytania dotyczące wcześniejszych doświadczeń użytkowników z technologiami VR, AR oraz MR w edukacji. Badano, czy i w jakim zakresie respondenci mieli styczność z tymi technologiami oraz jakie były ich ogólne wrażenia.
3. Ocena skuteczności technologii immersyjnych: Respondenci oceniali skuteczność VR, AR i MR na 5-punktowej skali Likerta, biorąc pod uwagę takie aspekty jak zwiększenie zaangażowania uczniów, ułatwienie przyswajania trudnych zagadnień oraz wzrost efektywności nauczania.
4. Preferencje dotyczące metod nauczania: Ta sekcja skupiała się na preferencjach respondentów w zakresie metod nauczania i gotowości do wykorzystania nowych technologii immersyjnych w procesie edukacyjnym.
5. Obawy i wyzwania związane z wdrożeniem technologii immersyjnych: Pytania w tej części dotyczyły głównych barier, takich jak wysokie koszty sprzętu, ograniczona dostępność technologii w szkołach oraz kwestie bezpieczeństwa użytkowników.

Kwestionariusz został zaprojektowany tak, aby umożliwić analizę zarówno ilościową (przez pytania zamknięte), jak i jakościową (dzięki otwartym komentarzom respondentów). Ankieta została przeprowadzona w formie online, co zapewniło respondentom elastyczność czasową oraz ułatwiło udział w badaniu. Kwestionariusz ten został przeprowadzony wśród uczniów i nauczycieli z różnych poziomów edukacji, w okresie od 18 do 30 marca 2024 roku.

Metody analizy danych

Zebrane dane zostały poddane dogłębnej analizie statystycznej i jakościowej, co umożliwiło wyciągnięcie szczegółowych wniosków. W analizie ilościowej skoncentrowano się na obliczeniu procentowego rozkładu odpowiedzi, który ukazał kluczowe tendencje, przedstawione za pomocą wykresów. Takie podejście pozwoliło na identyfikację zależności między zmiennymi, takimi jak wiek, płeć, doświadczenie z technologiami immersyjnymi oraz

preferencje edukacyjne. Dzięki temu zrozumiano, jak różne grupy demograficzne postrzegają te technologie, co ułatwiło analizę ich efektywności i potencjalnych barier wdrożenia. Zastosowane narzędzia do analizy statystycznej zapewniły precyzję w wyciąganiu wniosków z dużego zbioru danych, co jest szczególnie ważne w badaniach dotyczących edukacji, gdzie wyniki mogą mieć bezpośredni wpływ na projektowanie przyszłych metod nauczania. Dzięki tym narzędziom możliwe było wykrycie korelacji, np. między wiekiem a otwartością na nowe technologie, czy między płcią a stopniem zaufania do technologii immersyjnych. Tego rodzaju analiza dostarczyła danych, które pozwalają na lepsze zrozumienie potrzeb i oczekiwań różnych grup użytkowników. Równocześnie przeprowadzono analizę jakościową, która koncentrowała się na pogłębionym badaniu komentarzy respondentów. Odpowiedzi otwarte dostarczyły bardziej subiektywnych informacji, które trudno byłoby ująć w formie ilościowej, ale stanowią istotne uzupełnienie wyników. Na przykład wielu respondentów zgłaszało obawy dotyczące technicznych wyzwań związanych z użytkowaniem technologii immersyjnych, takich jak trudności w ich obsłudze oraz ograniczona dostępność sprzętu. Inni wskazywali na kwestie związane z kosztami, zwłaszcza w kontekście wdrożenia tych technologii na szeroką skalę w szkołach. Dzięki analizie jakościowej można było lepiej zrozumieć, jakie konkretne wyzwania stoją przed nauczycielami i uczniami w kontekście wdrażania VR, AR i MR do edukacji.

Na podstawie uzyskanych danych zidentyfikowano także kluczowe bariery, z jakimi mogą się spotkać instytucje edukacyjne przy wprowadzaniu technologii immersyjnych. Wysokie koszty zakupu i utrzymania sprzętu, trudności techniczne oraz obawy dotyczące ochrony danych osobowych to tylko niektóre z problemów, które zostały wskazane przez respondentów. W komentarzach pojawiały się także sugestie dotyczące potrzeby lepszego przeszkolenia nauczycieli oraz dostosowania programów nauczania do wymagań technologii immersyjnych. Wyniki te mogą służyć jako cenny wkład do przyszłych badań i debat na temat skutecznego wdrożenia nowoczesnych technologii w systemie edukacji.

Kluczowe obszary analizy

Analiza danych została przeprowadzona w czterech głównych obszarach: wiek i płeć respondentów, doświadczenia w korzystaniu z technologii immersyjnych, preferencje dotyczące metod nauczania oraz obawy związane z technologiami immersyjnymi. Analiza wieku i płci miała na celu zidentyfikowanie, czy istnieją różnice w postrzeganiu tych technologii w zależności od demografii respondentów. Wyniki badania wskazują, że młodsze osoby częściej wykazują entuzjazm wobec nowoczesnych technologii, co może wynikać z większej otwartości na innowacje oraz łatwiejszego przyswajania nowych narzędzi cyfrowych. Doświadczenia respondentów z technologiami VR, AR i MR były kolejnym istotnym obszarem analizy. Wyniki wykazały, że osoby, które miały już styczność z tymi technologiami, zazwyczaj oceniają je pozytywnie, podkreślając ich efektywność w nauczaniu trudnych zagadnień. Z kolei osoby, które dopiero zaczynają korzystać z tych narzędzi, wyraziły pewne obawy związane z ich skomplikowaną obsługą oraz dostępnością sprzętu. Preferencje dotyczące metod nauczania pokazały, że choć technologie immersyjne są postrzegane jako przyszłościowe narzędzia edukacyjne, tradycyjne metody nadal cieszą się zaufaniem, zwłaszcza wśród nauczycieli, którzy obawiają się, że nowoczesne technologie mogą zastąpić bezpośredni kontakt z uczniem.

Obawy i wyzwania związane z technologiami immersyjnymi były szczególnie widoczne w komentarzach respondentów. Główne bariery, na jakie wskazywano, to koszty związane z zakupem sprzętu, trudności techniczne oraz brak odpowiedniego przeszkolenia nauczycieli. Wielu respondentów zwróciło również uwagę na kwestie bezpieczeństwa danych i ochrony prywatności, co staje się coraz bardziej istotnym tematem w kontekście użytkowania technologii cyfrowych w edukacji.

Procedura badawcza i ograniczenia

Procedura badawcza opierała się na pełnej anonimowości i poufności wyników, co miało na celu zapewnienie respondentom komfortu oraz zachęcenie do szczerych odpowiedzi. Respondenci byli informowani o celach badania i wyrazili zgodę na udział, a wszystkie wyniki zostały przeanalizowane

zbiorczo, co dodatkowo zabezpieczało prywatność uczestników. Głównym ograniczeniem badania była stosunkowo mała liczebność próby, co mogło wpłynąć na reprezentatywność wyników. Ponadto, badanie zostało przeprowadzone w określonych placówkach edukacyjnych, co oznacza, że wyniki mogą być specyficzne dla tych instytucji i ich infrastruktury technologicznej. Subiektywność ocen respondentów, związana z ich osobistymi doświadczeniami z technologiami immersyjnymi, również mogła wpłynąć na interpretację wyników. Niemniej jednak, zebrane dane dostarczyły cennych wniosków dotyczących postrzegania technologii immersyjnych w edukacji. Metodologia zastosowana w badaniu stanowi solidną podstawę do analizy percepcji technologii immersyjnych w edukacji. Wyniki pozwalają na lepsze zrozumienie potencjalnych korzyści oraz barier związanych z wdrażaniem tych technologii, co zostanie szczegółowo omówione w kolejnych rozdziałach.

Wyniki

W badaniu wzięło udział 50 respondentów – uczniów i nauczycieli na różnych poziomach edukacji – którzy ocenili skuteczność i wyzwania związane z wykorzystaniem tych technologii w nauczaniu. Zebrane dane poddano szczegółowej analizie statystycznej, w tym obliczeniom średnich, testowi t-Studenta, korelacji rang Spearmana oraz analizie wariancji (ANOVA), co pozwoliło na pełne zrozumienie zależności między zmiennymi.

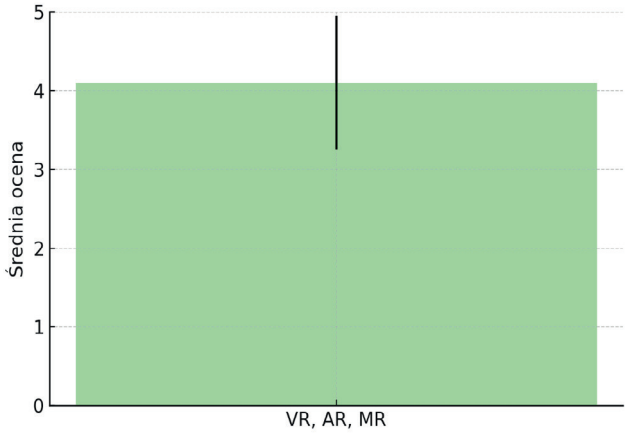
Pierwszym krokiem w analizie wyników była kalkulacja średniej arytmetycznej oraz odchylenia standardowego dla ocen skuteczności technologii immersyjnych. Średnia arytmetyczna (ang. mean) pozwala określić ogólny poziom oceny skuteczności technologii, podczas gdy odchylenie standardowe (ang. Standard deviation) informuje o rozproszeniu wyników wokół średniej, co umożliwia ocenę zmienności odpowiedzi. Tabela 1 prezentuje podstawowe statystyki dotyczące oceny skuteczności technologii immersyjnych na 5-punktowej skali Likerta, gdzie 1 oznaczało brak zgody na efektywność, a 5 pełną zgodę. Średnia ocen wyniosła 4,1, co sugeruje, że większość respondentów postrzega te technologie jako skuteczne narzędzie w edukacji. Odchylenie standardowe wynosiło 0,85 co oznacza, że oceny respondentów były stosunkowo spójne, choć pojawiły się pewne różnice w opiniach.

Tabela 1. Średnia ocena skuteczności technologii immersyjnych oraz odchylenie standardowe

Ocena skuteczności	Średnia	Odchylenie standardowe
VR, AR, MR	4,1	0,85

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki przedstawiono graficznie na rysunku 1.



Rysunek 1. Średnia ocen technologii immersyjnych z odchyleniem standardowym
Źródło: opracowanie własne.

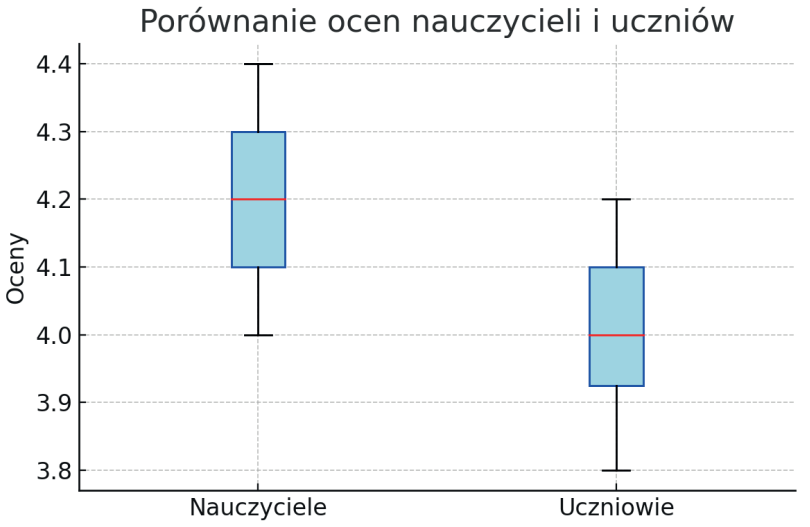
W celu zbadania, czy istnieją istotne różnice między grupami respondentów (np. nauczyciele vs uczniowie, mężczyźni vs kobiety) w ocenie technologii immersyjnych, zastosowano test t-Studenta dla prób niezależnych. Test ten pozwala porównać średnie dwóch niezależnych grup w celu ustalenia czy różnice między nimi są statystycznie istotne. Hipoteza zerowa zakładała, że różnic między grupami nie ma, a wynik testu t oraz wartość p decydują o odrzuceniu tej hipotezy. Wyniki dla grupy nauczycieli ($M = 4,2$, $SD = 0,78$) i uczniów ($M = 4,0$, $SD = 0,91$) wykazały, że różnice w ocenach były niewielkie i nie były statystycznie istotne ($t(48) = 1,1$, $p > 0,05$), co sugeruje, że obie grupy podobnie postrzegają skuteczność technologii immersyjnych, co zostało przedstawione w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki testu t-Studenta dla porównania ocen nauczycieli i uczniów

Grupa	Średnia	Odchylenie standardowe	t	p
Nauczyciele	4,2	0,78	1,1	> 0,05
Uczniowie	4	0,91		

Źródło: opracowanie własne.

Graficzne przedstawienie wyników przedstawiono na rysunku 2.



Rysunek 2. Porównanie ocen nauczycieli i uczniów
Źródło: opracowanie własne.

Podobnie, analiza wyników dla mężczyzn (M = 4,1, SD = 0,83) i kobiet (M = 4,0, SD = 0,87) również nie wykazała istotnych różnic między tymi grupami (t(48) = 0,65, p > 0,05), co oznacza, że płeć nie wpływa na percepcję skuteczności tych technologii.

Aby zbadać zależność między wiekiem respondentów a ich oceną technologii immersyjnych, zastosowano korelację rang Spearmana. Jest to nieparametryczna metoda badania siły i kierunku zależności między dwiema zmiennymi. Zastosowanie tej metody było konieczne, ponieważ dane dotyczące wieku mogą nie mieć rozkładu normalnego. Wynik korelacji wynosił rs = -0,25 (p < 0,05), co wskazuje na słabą, ale statystycznie istotną odwrotną korelację między wiekiem a oceną skuteczności technologii. Oznacza to, że starsi respondenci byli nieco bardziej sceptyczni wobec technologii

immersyjnych, co może wynikać z mniejszego doświadczenia technologicznego lub trudności z adaptacją do nowych narzędzi.

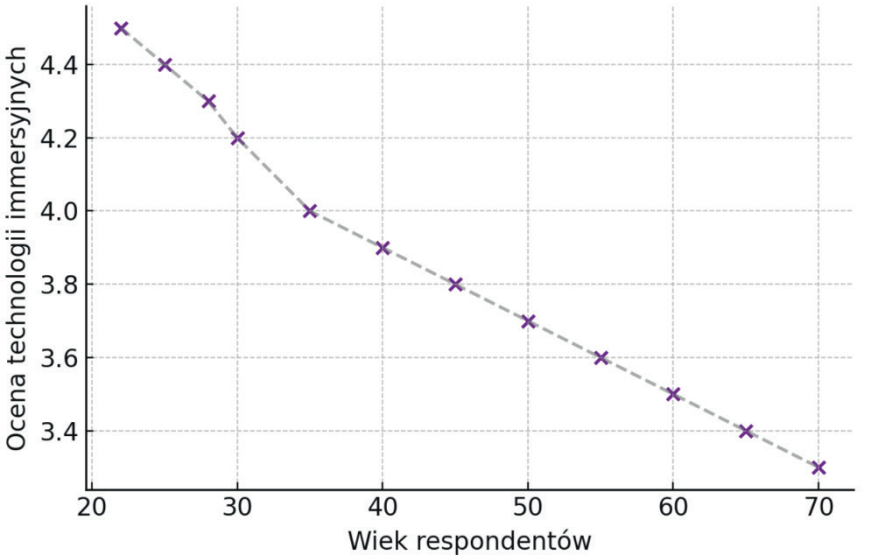
Aby sprawdzić, czy poziom doświadczenia technologicznego wpływa na ocenę skuteczności VR, AR i MR, zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Analiza ta pozwala na porównanie średnich ocen w więcej niż dwóch grupach i określenie czy różnice między nimi są istotne statystycznie. Respondenci zostali podzieleni na trzy grupy w zależności od samooceny swojego poziomu doświadczenia technologicznego: niski, średni i wysoki. Wyniki ANOVA przedstawione w tabeli 3 wykazały istotne różnice między grupami ($F(2, 47) = 4,23$, $p < 0,05$). Grupa z wysokim poziomem doświadczenia technologicznego oceniła skuteczność technologii immersyjnych wyżej ($M = 4,5$, $SD = 0,65$) niż grupa z niskim poziomem doświadczenia ($M = 3,8$, $SD = 0,92$). Test post-hoc Tukeya wskazał, że różnica między grupami niskiego i wysokiego doświadczenia była statystycznie istotna ($p < 0,05$).

Tabela 3. Wyniki analizy wariancji (ANOVA) dla poziomu doświadczenia technologicznego

Poziom doświadczenia	Średnia	Odchylenie standardowe	F	p
Niski	3,8	0,92	4,23	< 0,05
Średni	4	0,81		
Wysoki	4,5	0,65		

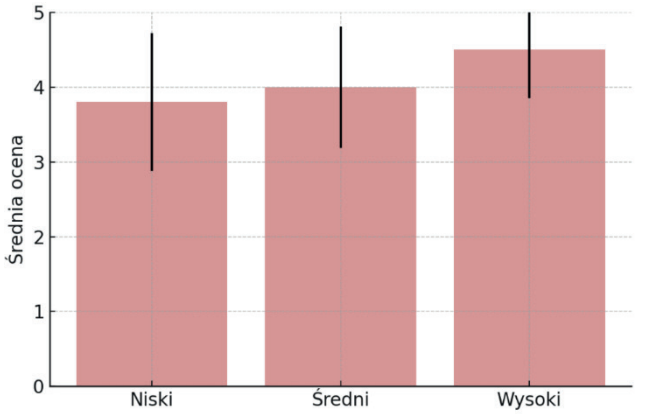
Źródło: opracowanie własne.

Na wykresie rozrzutu, na rysunku 3 można zauważyć słabą, ale statystycznie istotną, odwrotną zależność między wiekiem respondentów a ich oceną skuteczności technologii immersyjnych. W miarę wzrostu wieku respondentów, ocena technologii stopniowo maleje, co może wskazywać na większy sceptycyzm wobec tych narzędzi wśród starszych użytkowników.



Rysunek 3. Zależność między wiekiem a oceną technologii immersyjnych
Źródło: opracowanie własne.

Wyniki przeprowadzonej analizy statystycznej wykazały, że technologie immersyjne, takie jak VR, AR i MR, są pozytywnie oceniane przez większość respondentów. Średnia ocena skuteczności na poziomie 4,1 wskazuje na ogólną akceptację tych technologii jako skutecznego narzędzia edukacyjnego. Analiza wariancji (ANOVA) pokazała, że doświadczenie technologiczne ma istotny wpływ na ocenę skuteczności tych narzędzi, co sugeruje, że im większe doświadczenie użytkowników, tym bardziej doceniają oni wartość edukacyjną tych technologii. Wyniki analizy ANOVA dla różnych poziomów doświadczenia technologicznego pokazano na wykresie słupkowym na rysunku 4. Respondenci z wyższym poziomem doświadczenia technologicznego oceniali technologie immersyjne znacznie wyżej niż osoby z niższym doświadczeniem. Rozbieżności te zostały dodatkowo zilustrowane odchyleniami standardowymi, co podkreśla zmienność w ocenach między grupami.



Rysunek 4. Wyniki analizy ANOVA dla poziomu doświadczenia technologicznego
Źródło: opracowanie własne.

Brak statystycznie istotnych różnic między nauczycielami i uczniami, a także między mężczyznami i kobietami, wskazuje, że technologie te mogą być stosowane szeroko, niezależnie od grupy demograficznej. Niemniej jednak starsze osoby wykazały pewną rezerwę wobec nowych technologii, co sugeruje, że starsze pokolenia mogą wymagać dodatkowego wsparcia w procesie adaptacji.

Przeprowadzona analiza statystyczna potwierdza, że technologie immersyjne mają duży potencjał w edukacji. Wyzwania związane z kosztami sprzętu oraz technicznymi trudnościami wymagają dalszych inwestycji, jednakże odpowiednie szkolenie i infrastruktura mogą znacząco podnieść efektywność wdrożenia tych technologii w procesie nauczania.

Wnioski

Technologie immersyjne, takie jak rzeczywistość wirtualna, rozszerzona oraz mieszana, odgrywają coraz większą rolę w edukacji, oferując unikalne możliwości poprawy jakości nauczania oraz zaangażowania uczniów. Na podstawie przeprowadzonego badania, które poddano szczegółowej analizie statystycznej, można wyciągnąć kilka istotnych wniosków na temat ich potencjału, wyzwań związanych z ich wdrażaniem oraz kierunków dalszego rozwoju.

Analizując efektywność technologii immersyjnych w edukacji, badanie wykazało, że technologie immersyjne są wysoko oceniane przez respondentów pod kątem ich skuteczności w nauczaniu. Średnia ocena skuteczności wyniosła 4,1 w skali 5-punktowej, co wskazuje na silne przekonanie o pozytywnym wpływie tych technologii na proces edukacyjny. Analiza wyników potwierdza, że technologie te umożliwiają bardziej interaktywne i angażujące nauczanie, co w szczególności sprzyja przyswajaniu trudnych zagadnień naukowych. Zastosowanie VR, AR i MR pozwala na wizualizację abstrakcyjnych pojęć oraz przeprowadzanie symulacji, które są nieosiągalne w tradycyjnych metodach edukacji, co znacząco podnosi efektywność nauczania. Badając wpływ doświadczenia technologicznego na postrzeganie technologii immersyjnych, z przeprowadzonej analizy wariancji wynika, że poziom doświadczenia technologicznego respondentów ma istotny wpływ na ocenę skuteczności technologii immersyjnych. Respondenci z wyższym poziomem doświadczenia technologicznego wyżej oceniali VR, AR i MR, co wskazuje na konieczność dalszego szkolenia zarówno nauczycieli, jak i uczniów w zakresie ich stosowania. Wskazuje to, że im lepiej respondenci są zaznajomieni z technologią, tym większe dostrzegają korzyści z jej stosowania. Ta zależność podkreśla potrzebę odpowiednich szkoleń i programów edukacyjnych, które umożliwią pełne wykorzystanie potencjału technologii immersyjnych. Kolejnym czynnikiem jest równowaga w postrzeganiu technologii przez różne grupy demograficzne. Brak statystycznie istotnych różnic w ocenie skuteczności technologii immersyjnych pomiędzy nauczycielami i uczniami, a także pomiędzy mężczyznami i kobietami, wskazuje na uniwersalność tych technologii. Można zatem stwierdzić, że VR, AR i MR mogą być z powodzeniem stosowane na różnych poziomach edukacji i w różnych grupach demograficznych. Niemniej jednak, wyniki korelacji rang Spearmana sugerują, że starsi respondenci są bardziej sceptyczni wobec tych technologii, co może wynikać z trudności adaptacyjnych. Należy zatem rozważyć dedykowane wsparcie i szkolenia dla starszych nauczycieli, aby ułatwić im wdrożenie nowych technologii do procesu nauczania.

Zastosowanie technologii immersyjnych wiąże się również z pewnymi wyzwaniami. Pomimo licznych korzyści wynikających z ich stosowania w edukacji, istnieją istotne bariery, które mogą utrudniać ich powszechne

wdrożenie. Najważniejszym z nich są wysokie koszty zakupu i utrzymania sprzętu VR, AR i MR, co było jednym z najczęściej wskazywanych problemów przez respondentów. Dodatkowo, trudności techniczne oraz brak odpowiedniej infrastruktury stanowią poważne wyzwania dla wielu instytucji edukacyjnych, szczególnie tych o ograniczonych zasobach finansowych. Również brak odpowiednich szkoleń dla nauczycieli może ograniczać efektywność wdrożenia tych technologii. Wyniki badania pokazują, że osoby z niższym poziomem doświadczenia technologicznego wykazywały mniejszy entuzjazm wobec VR, AR i MR, co sugeruje, że odpowiednie przygotowanie kadry nauczycielskiej będzie kluczowe dla sukcesu tych technologii w edukacji.

Rekomendacje na przyszłość obejmują potrzebę dalszych badań nad efektywnością technologii immersyjnych w różnych dziedzinach edukacji oraz na różnych poziomach nauczania. Kluczowe będzie także opracowanie dedykowanych programów szkoleniowych dla nauczycieli oraz inwestycje w infrastrukturę technologiczną, co umożliwi szersze wdrożenie VR, AR i MR w szkołach i na uczelniach. Warto również rozważyć formy wsparcia finansowego dla instytucji edukacyjnych, takie jak leasing sprzętu czy współpraca z firmami technologicznymi, które mogą pomóc w pokonaniu barier kosztowych.

Technologie immersyjne, takie jak VR, AR i MR, stanowią innowacyjne narzędzia o ogromnym potencjale transformacyjnym w edukacji, umożliwiając tworzenie bardziej angażujących i interaktywnych środowisk nauczania. Wyniki badań wyraźnie wskazują na pozytywny wpływ tych technologii na proces edukacyjny, zwłaszcza w kontekście trudnych i abstrakcyjnych zagadnień, które dzięki immersji stają się bardziej przystępne dla uczniów. Efektywne wykorzystanie VR, AR i MR sprzyja głębszemu zrozumieniu materiału i podnosi motywację do nauki, co bezpośrednio wpływa na jakość kształcenia. Jednak pełne wdrożenie tych technologii wymaga starannie zaplanowanych działań, obejmujących nie tylko inwestycje w sprzęt i infrastrukturę, ale także stworzenie systematycznych programów szkoleniowych dla nauczycieli, które pozwolą na optymalne wykorzystanie ich potencjału. Jak pokazują wyniki analizy, poziom doświadczenia technologicznego ma istotne znaczenie dla postrzegania skuteczności technologii immersyjnych, co potwierdza,

że bez odpowiedniego przygotowania kadry dydaktycznej, pełne wdrożenie tych narzędzi może być utrudnione. Dodatkowo, bariery takie jak koszty sprzętu i problemy techniczne stanowią poważne wyzwania, które muszą zostać pokonane, aby technologie immersyjne mogły na stałe zagościć w systemie edukacyjnym. Konieczne są dalsze badania nad ich efektywnością w różnych dziedzinach i poziomach nauczania, aby dokładniej zrozumieć ich długoterminowy wpływ na wyniki edukacyjne oraz dostosować strategie ich wdrażania do specyficznych potrzeb poszczególnych instytucji. Reasumując, technologie immersyjne mają potencjał do przekształcenia edukacji, ale ich efektywne wdrożenie wymaga nie tylko nakładów finansowych, ale również dostosowania struktury organizacyjnej oraz szkoleń, aby umożliwić nauczycielom i uczniom pełne korzystanie z ich możliwości. Wprowadzenie tych technologii na szeroką skalę może w dłuższej perspektywie przynieść znaczące korzyści, takie jak wzrost zaangażowania, lepsze wyniki nauczania oraz rozwój nowych kompetencji, kluczowych w nowoczesnym świecie.

Podsumowanie

Technologie immersyjne, takie jak rzeczywistość wirtualna, rozszerzona oraz mieszana, mają ogromny potencjał do transformacji współczesnej edukacji. Badania potwierdzają, że ich zastosowanie w procesie nauczania znacząco zwiększa zaangażowanie uczniów oraz efektywność przyswajania wiedzy, szczególnie w trudnych i abstrakcyjnych dziedzinach, takich jak nauki ścisłe, medycyna czy inżynieria.

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że technologie immersyjne są wysoko oceniane przez nauczycieli i uczniów pod kątem skuteczności w nauczaniu. Średnia ocena na poziomie 4,1 potwierdza ich pozytywny odbiór, chociaż barierą w ich powszechnym wdrożeniu są wysokie koszty oraz ograniczenia techniczne. Analiza ANOVA wykazała, że osoby z wyższym poziomem doświadczenia technologicznego oceniały technologie wyżej, co podkreśla konieczność odpowiednich szkoleń. Jednocześnie badanie ujawniło istotne wyzwania, takie jak brak odpowiedniej infrastruktury, koszty sprzętu oraz potrzeba dodatkowego wsparcia dla starszych nauczycieli, którzy wykazują pewien sceptycyzm wobec nowych technologii. Zastosowanie

VR, AR i MR wymaga odpowiednich nakładów finansowych i przemyślanej strategii wdrożenia. Pełne wykorzystanie potencjału technologii immersyjnych w edukacji wymaga dalszych badań nad ich efektywnością oraz inwestycji w infrastrukturę i szkolenia. Konieczne jest także dostosowanie programów nauczania, aby technologie te mogły być skutecznie wykorzystywane na różnych poziomach edukacyjnych. W dłuższej perspektywie mogą one przyczynić się do znaczącej poprawy wyników nauczania i zwiększenia zaangażowania uczniów w proces edukacyjny.

Literatura

1. Al-Ansi, A. M., Jaboob, M., Garad, A., Al-Ansi, A. (2023). Analyzing augmented reality (AR) and virtual reality (VR) recent development in education. *Social Sciences & Humanities Open*, *8*(1), 100532.
2. Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology Society*, *17*(4), s. 133-149.
3. Barrie, M., Socha, J. J., Mansour, L., Patterson, E. S. (2019). Mixed Reality in Medical Education: A Narrative Literature Review. *Proceedings of the International Symposium on Human Factors and Ergonomics in Health Care*, *8*(1), 28-32. https://doi.org/10.1177/2327857919081006
4. Bimber, O., Raskar, R. (2005). *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. A K Peters/CRC Press. https://doi.org/10.1201/b10624
5. Bozgeyikli, L., Bozgeyikli, R. (2019). *Virtual Reality: Recent Advancements, Applications and Challenges*. W: L. Bozgeyikli, R. Bozgeyikli (red.), *Virtual Reality*. River Publishers.
6. Chang, C.-Y., Kuo, H.-C., Du, Z. (2023). The role of digital literacy in augmented, virtual, and mixed reality in popular science education: a review study and an educational framework development. *Virtual Reality*, *27*(3), 2461-2479. https://doi.org/10.1007/s10055-023-00817-9
7. Chytas, D., Johnson, E. O., Piagkou, M., Mazarakis, A., Babis, G. C., Chronopoulos, E., Nikolaou, V. S., Lazaridis, N., Natsis, K. (2020). The role of augmented reality in anatomical education: An overview. *Annals of Anatomy*, *229*, 151463. https://doi.org/10.1016/j.aanat.2020.151463
8. Daniela, L. (red.). (2020). *New Perspectives on Virtual and Augmented Reality: Finding New Ways to Teach in a Transformed Learning Environment*. Routledge.

9. Freese, M., Vanderplank, R., Miller, A. (2023). Measuring teachers' competencies for a purposeful use of augmented-reality experiments in physics lessons. *Frontiers in Education*, *8*, 1180266.
10. Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, *147*, 103778.
11. Seymour, N. E., Gallagher, A. G., Roman, S. A., O'Brien, M. K., Bansal, V. K., Andersen, D. K., Satava, R. M. (2002). Virtual Reality Training Improves Operating Room Performance: Results of a Randomized, Double-Blinded Study. *Annals of Surgery*, *236*(4), 458-464.

Netografia

1. Meta. (2024). *Meta Quest 2 – product page*. Pobrane z: https://www.meta.com/pl/quest/products/quest2/overview (data dostępu: 12.12.2025).