

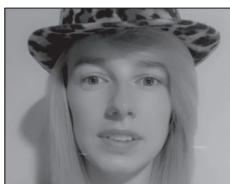
Mieszana rzeczywistość w projektowaniu BIM i inspekcjach budowli



dr hab. inż. arch.
KLAUDIUSZ FROSS, PROF. PŚ
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0002-0013-7619



mgr inż. arch.
TOMASZ SZULIŃSKI
Politechnika Śląska
Wydział Architektury
ORCID: 0000-0001-6005-3786



mgr inż.
ROXANA FROSS
ORCID: 0000-0003-2783-5086

Innowacyjne technologie, takie jak skanowanie 3D, kamery 360, druk 3D, wirtualna rzeczywistość (VR, MR, AR) wprowadzają budownictwo w nową erę rozwoju. Artykuł prezentuje możliwości zastosowania technologii mieszanej rzeczywistości (MR – ang. *Mixed Reality*) w projektowaniu BIM i inspekcjach budowli.

Głównym celem artykułu jest omówienie wykonanych badań własnych w zakresie mieszanej rzeczywistości (MR). Uzupełnieniem jest prezentacja możliwości, jakie daje sprzęt do MR oraz pokazanie zastosowań technologii wirtualnych w badaniach, dydaktyce i projektowaniu architektoniczno-budowlanym. Badania opierają się także na opiniach naukowców i projektantów wyrażonych w wywiadach. Artykuł prezentuje plusy i minusy stosowania mieszanej rzeczywistości do prezentacji modeli BIM oraz inspekcji budowli. Ograniczony zakres tekstu nie pozwala na szerokie omówienie wszystkich zagadnień, dlatego autorzy główną uwagę skupili na efektach badań, podsumowaniach i wnioskach końcowych. Podano główne wady i zalety oraz spostrzeżenia w zakresie użycia kasku do mieszanej rzeczywistości, obsługi platformy obsługującej oraz przeprowadzonych inspekcji budowli.

Rzeczywistości R, VR, AR, MR, XR, AV

Technologia mieszanej rzeczywistości (MR) jest dalszym rozwinięciem wirtualnej rzeczywistości (VR). Rozszerzona rzeczywistość (AR) znajduje zastosowanie nie tylko w rozrywce, także ale w codziennym życiu, w projektowaniu, budownictwie, geodezji, medycynie, komunikacji itp. Największy rozwój nastąpił w grach komputerowych. Nato-

miast obecnie zauważono potrzebę zastosowań w edukacji, projektowaniu, budownictwie, przemyśle, medycynie itp. [3].

Symbole R, VR, AR, MR, XR, AV określają różne rzeczywistości. R – świat realny (ang. *Reality*), VR – rzeczywistość wirtualna (ang. *Virtual Reality*), AR – rzeczywistość rozszerzona (ang. *Augmented Reality*), MR – mieszana rzeczywistość (ang. *Mixed Reality*), XR – poszerzona rzeczywistość (ang. *Extended Reality*), AV – poszerzona wirtualność (ang. *Augmented Virtuality*).

Najprostszą do określenia jest rzeczywistość R (ang. *Reality*). Świat rzeczywisty można uznać za świat obiektywnie istniejący, prawdziwy, realny, autentyczny, taki, który naprawdę istnieje, np. w przeciwieństwie do tego, co jest tylko urojone. Za dominujący nasze postrzeganie świata rzeczywistego można uznać zmysł wzroku [2]. Często pojawiającym się określeniem jest continuum wirtualności. Jest to ciągła skala wahająca się między całkowicie wirtualną wirtualnością a całkowicie realną rzeczywistością. Na schemacie continuum wirtualności mieszaną rzeczywistość MR (ang. *Mixed Reality*) określa się jako połączenie obu technik rzeczywistości rozszerzonej AR (ang. *Augmented Reality*) i rzeczywistości wirtualnej VR (ang. *Virtual Reality*). W mieszanej rzeczywistości (MR) następuje zarówno dodawanie elementów do środowiska nas otaczającego, jak i wymianie elementów w czasie rzeczywistym

[1]. Szersze informacje w zakresie świata wirtualnego publikowano na łamach Builder Science, B. Urbanowicz, T. Szuliński [2].

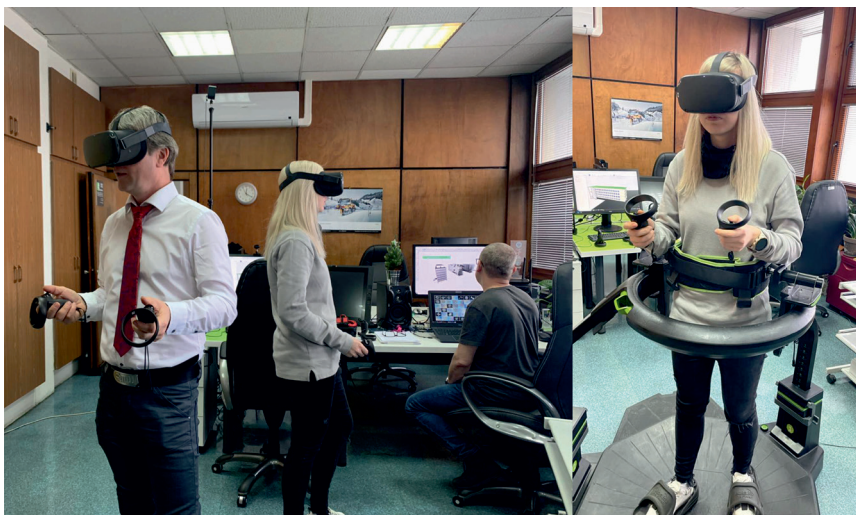
Metodyka i opis badań

Podstawą badawczą artykułu są: badania własne autorów prowadzone w Pracowni Badań Jakościowych i VR Katedry RAR5 Wydziału Architektury Politechniki Śląskiej, wnioski z pracy magisterskiej mgr inż. Roxany Fross pt. *Narzędzia mieszanej rzeczywistości w inspekcji budynku Wydziału Budownictwa*, promotor: dr hab. inż. Marek Salamak, Prof. PŚ, wywiady z profesorami, architektami i inżynierami budownictwa nt. zastosowań mieszanej rzeczywistości w badaniach, dydaktyce i projektowaniu. Ważnym uzupełnieniem badań w świecie wirtualnym jest metodyka ocen jakościowych obiektów od wielu lat promowana i nauczana przez Katedrę Projektowania i Badań Jakościowych w Architekturze RAR5 [4].

Badania prowadzone w Pracowni VR RAR5 dotyczyły testowania gogli VR dla prezentacji modeli architektonicznych, czytania skanowanych modeli 3D, przeprowadzania spacerów wirtualnych po modelach BIM, prób wyświetlania różnych modeli BIM za pomocą sprzętu do mieszanej rzeczywistości, w tym kasku Trimble XR19 Microsoft HoloLens 2 (uzyczonego do badań przez Laboratorium Badań Terenowych Katedry Mechaniki i Mostów Wydziału Budownictwa Politechniki



Fot. 1. Autorzy podczas inspekcji w kasku MR



Fot. 2. Indywidualne i wspólne spacery wirtualne po budynku w modelu BIM



Fot. 3. Testowanie gogli MR przez profesorów Politechniki Śląskiej, architektów i konstruktorów

Śląskiej). Testowano różne modele BIM oraz formy zapisu, integrowano modele tworzone przez różnych branżystów. Prowadzono spacery VR kilku osób jednocześnie po modelach architektonicznych i konstrukcyjnych zbudowanych w programie Revit. Porównywano modele 3D, jako wynik skanowania, z rzeczywistością [3].

Interesujące były prezentacje dla pracowników badawczo-dydaktycznych Politechniki Śląskiej, projektantów (architektów i kon-

struktorów) oraz fizjoterapeutów. W celu uzyskania szerszej opinii na temat zastosowania mieszanej rzeczywistości oraz wykorzystania kasku wykonano badania w formie prezentacji, testowania sprzętu i wywiadów z ekspertami. Ważne było poznanie opinii inżynierów budownictwa i architektów na temat samego kasku MR oraz jego przydatności w projektowaniu do prezentacji modeli obiektów, a na etapach realizacji oraz eksploatacji do kontroli budynku. W trakcie prezentacji dla archi-

tektów na Wydziale Architektury Politechniki Śląskiej prowadzono rozmowy, uzyskując informacje zwrotne na temat samego kasku Trimble XR19 Microsoft HoloLens 2, technologii MR, możliwości zastosowania w badaniach, projektowaniu i dydaktyce. Wywiad z konstruktorem, Prezydentem Śląskiej Izby Budownictwa mgr. inż. Mariuszem Czystek obejmował ocenę kasku w zastosowaniu do inspekcji budowy w porównaniu z metodami tradycyjnej kontroli. Przeprowadzono także wywiady z lekarzem i fizjoterapeutą w celu poznania opinii na temat wykorzystania świata wirtualnego (VR, MR, AR) w pracy zawodowej (m.in. w medycynie, fizjoterapii). Uzupełnieniem badań była prezentacja technologii MR JM Rektorowi PŚ prof. dr. hab. inż. Arkadiuszowi Mężykowi oraz Dziekan Wydziału Mechanicznego Technologicznego prof. PŚ, dr. hab. inż. Annie Timofiejczuk.

W opinii architektów obraz MR widziany w kasku wywołuje zaskoczenie z posiadanych możliwości technicznych, inspirowane do badań i chęci poznania technologii MR. Potwierdzono duże możliwości zastosowania w nauce, praktyce zawodowej i dydaktyce.

Opinia konstruktora o kasku MR to potwierdzenie możliwości zastosowania w inspekcjach budowy, ale i obawa przed koniecznością posiadania specjalistycznej wiedzy w zakresie obsługi.

Fizjoterapeuta stwierdził, że technologie wirtualnej rzeczywistości dają nowe szanse i możliwości w rehabilitacji i fizjoterapii pacjentów. Technologia MR powinna być wsparciem dla fizjoterapeuty. Sygnalizowana była obawa przed koniecznością posiadania specjalistycznej wiedzy technicznej. Podkreślono także brak standardów i wytycznych do oceny wyników badań z wykorzystaniem sprzętu VR, MR, AR.

Rezultaty badań

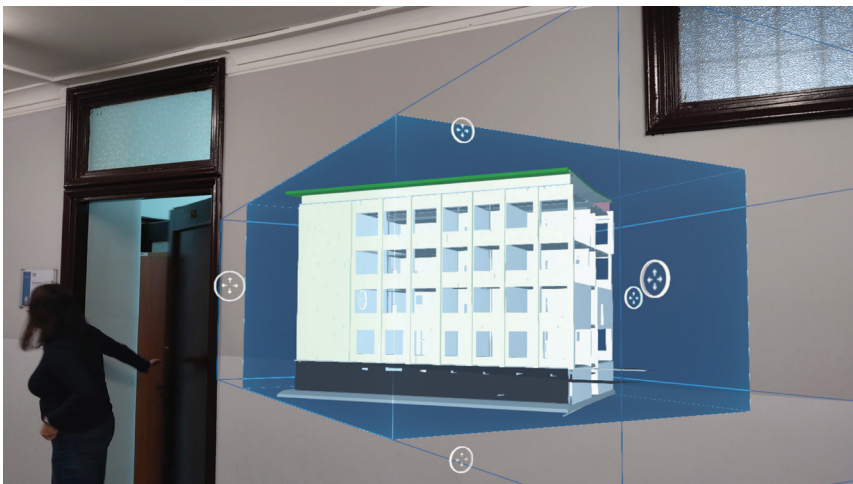
Zastosowanie MR nie jest powszechne, nadal raczej w sferze testów, ciekawostek, rozrywki czy wykorzystania dydaktycznego. Barierą przed powszechnym zastosowaniem może być nie tylko wysoka cena sprzętu (gogle, kask), kosztowne abonamenty roczne, ale także wykluczenie technologiczne (brak wiedzy i obawa przed skomplikowaną obsługą) oraz wady urządzeń (faza doskonalenia technologii).

Techniki wizualizacji MR, AR pozwalają przedstawiać świat wirtualny w zestawieniu z rzeczywistym. Dlatego w najbliższej przyszłości w wielu dziedzinach (aktywności zawodowej i codziennego życia) mieszana rzeczywistość znacząco wpłynie na wzrost skuteczności czy jakości, także w aspekcie ekonomicznym.

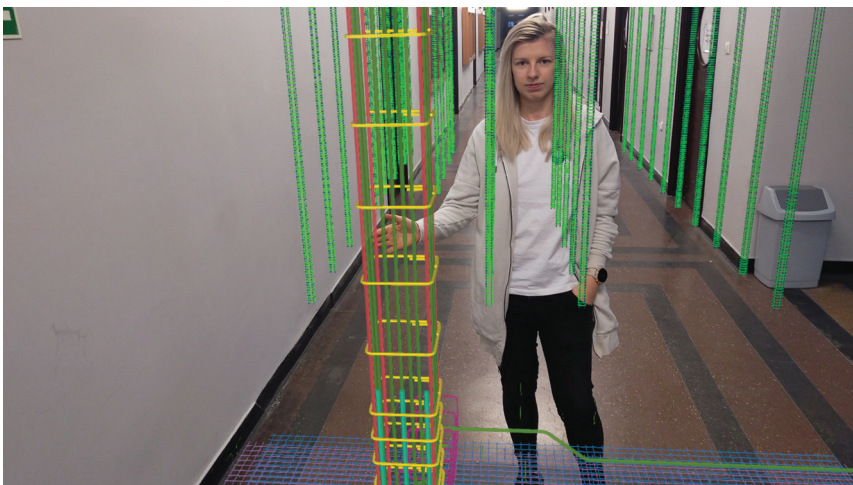
Można zauważyć tendencję w budownictwie, że tradycyjne narzędzia zastępowane są wraz z postępem technologicznym przyrządami cyfrowymi, elektronicznymi, laserowymi



Fot. 4. Prezentacja modeli BIM w kasku MR dla Władz Uczelni – JM Rektora Politechniki Śląskiej i Dziekan Wydziału MT



Fot. 5. Model obiektu BIM przeznaczonego do badań



Fot. 6. Autorka oraz elementy modelu widziane przez gogle kasku MR

itp. Pojawia się także wiele nakładek i aplikacji na smartfona. Tworzone są nowe interfejsy komunikacji człowieka z komputerami w postaci okularów, gogli i kasków wyposażonych w narzędzia MR. Innowacyjne technologie, jak skanowanie 3D, kamery 360, druk 3D, wirtualna rzeczywistość (VR, MR, AR) opracowały metody, dzięki którym budownictwo wkracza w nową erę rozwoju. Za pomocą MR możemy oglądać obiekty, informacje trójwymiarowe, można dokonywać pomiarów oglądanych modeli. W budownictwie świat wirtualny możliwy jest dzięki powiąza-

niem z modelami BIM. Jednak aby móc w pełni korzystać z mieszanej rzeczywistości, ważne jest odpowiednie koordynowanie prac projektowych nowego obiektu w prawidłowo zintegrowanym wielobranżowym modelu BIM. Istotą jest uzyskanie precyzyjnych lokalizacji wszystkich projektowanych elementów dokumentacji branżowych. Dzięki połączeniu BIM i MR możliwa jest wizualizacja zintegrowanego modelu w celu wizualizacji wszystkich elementów obiektu, wizualizowanie całego procesu realizacji budowy, prowadzenie wirtualnego spaceru po wnętrzach, wychwy-

tywanie kolizji czy wprowadzanie korekt w czasie rzeczywistym. Dzięki MR inwestor i przyszły użytkownik mogą lepiej poznać i zrozumieć projekt oraz wyeliminować błędy.

W odniesieniu do badań w kasku Trimble XR19 Microsoft HoloLens 2 można stwierdzić, że zintegrowanie gogli MR z kaskiem daje możliwości bezpośredniego użycia na budowie przez projektantów podczas nadzoru autorskiego, kierownika budowy czy inspektora nadzoru.

Dalej wypunktowano najważniejsze spostrzeżenia i wnioski autorki z przeprowadzonego procesu inspekcji wybranego obiektu w kasku MR:

- podczas badań pojawiają się zaskoczenie posiadanymi możliwościami technicznymi kasku MR, fascynacja możliwościami technologicznymi oraz poczucie uczestniczenia w badaniach ze sprzętem technologicznym na najwyższym poziomie;
- pojawiają się nieprzewidziane przerwy w wyświetlaniu modelu, co powoduje obawę w zakresie skuteczności działania sprzętu;
- stwierdzono zbyt małą pamięć i moc obliczeniową sprzętu w porównaniu do modeli BIM.

Spostrzeżenia w zakresie umiejętności poruszania się po platformie Trimble Connect przypisanej do kasku:

- stwierdzono długotrwały proces logowania, z każdym włączeniem kasku konieczność powtórzenia długotrwałej procedury logowania od początku, oraz długi czas oczekiwania na wgranie modelu (gdzie znaczenie ma rozmiar pliku BIM).

Wybrane spostrzeżenia i uwagi z obsługi kasku do mieszanej rzeczywistości Trimble XR10 z HoloLens 2:

- obsługa kasku jest skomplikowana i czasochłonna, jednak w trakcie nabywania doświadczeń czas obsługi skraca się;
- konieczna jest wcześniejsza nauka gestów do obsługi, bez ich poznania obsługa kasku staje się niemożliwa;
- gesty są nieintuicyjne, należy je wykonywać precyzyjnie pod rygorem niewykonania polecenia (przypadkowy ruch ręką może włączyć niechcianą funkcję, np. nagrywanie);
- pozytywne jest to, że kask automatycznie kalibruje wzrok użytkownika, dopasowując go, czytelność widzenia obrazów wirtualnych i rzeczywistych przez gogle;
- stwierdzono ograniczony zasięg wyświetlania modelu (np. zbrojenia), promień ok. 2 m;
- kask można ocenić jako średnio wygodny, należy go dobrze dopasować, jego ciężar jest odczuwalny, po dłuższym noszeniu pojawia się ucisk, dodatkowo przy schylaniu pojawia się

obawa upadku kasku (zniszczenie drogiego sprzętu);

- atestowany kask budowlany daje poczucie bezpieczeństwa na budowie, natomiast brak zapinki pod brodę dyskwalifikuje do użycia na wysokości;
- brak kontrolera utrudnia pracę, ale zaletą jest wydawanie poleceń słownych (funkcja rozpoznawania mowy w języku angielskim);
- kask szybko się rozładowuje, ma relatywnie krótki czas pracy, także wydajność pracy kasku jest zależna od poziomu naładowania baterii (przy słabej baterii zaczyna się, a model znika);
- do prawidłowej pracy sprzętu niezbędna jest dobra szybkość internetu.

Wnioski w zakresie przygotowania plików wielobranżowych modelu BIM (architektura, konstrukcja, instalacje sanitarne i elektryczne):

- niezbędna biegła znajomość programów BIM, konieczna znajomość integracji oprogramowania wielobranżowego;
- możliwe niedokładności w pokrywaniu się modelu wirtualnego z rzeczywistością (odchylenia ścian, przesunięcia zbrojenia i wyposażenia) (zob. fot. 8).

Podsumowanie

Można ogólnie stwierdzić, że technologia MR daje nowe, niespotykane dotąd możliwości. Zaciekawia, fascynuje, ale i tworzy obawy przed wykluczeniem technologicznym użytkowników tego procesu. Nadal jest w fazie rozwoju, natomiast wraz z obniżeniem ceny stanie się bardziej dostępna i powszechna.

Ilustracje pokazują sprzęt MR oraz ilustrują wybrane etapy przeprowadzania badań.

Bibliografia

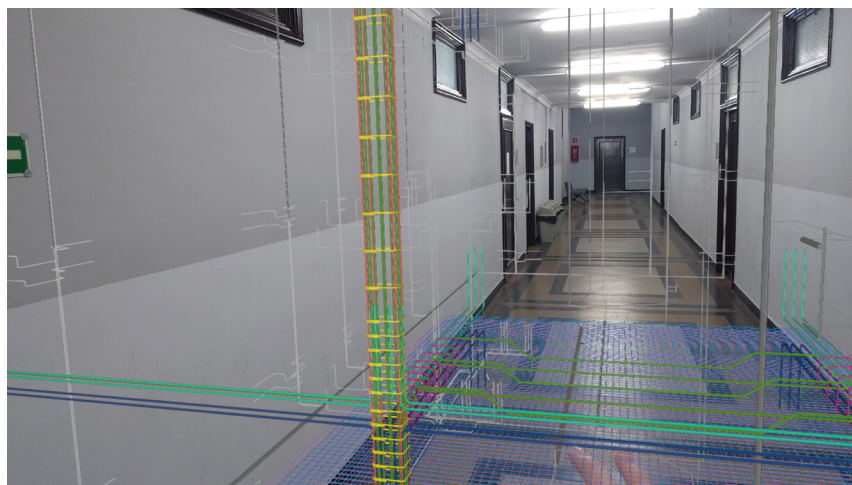
- [1] Urbanowicz B., Szuliński T., Wirtualna rzeczywistość w architekturze, „Builder”, luty 2020, ISSN 1896-0642, s. 26–29.
- [2] Urbanowicz B., Szuliński T., Rzeczywistość wirtualna w architekturze – zastosowania i korzyści. Część 2, „Builder”, styczeń 2021, ISSN 1896-0642, s. 53–55.
- [3] Szuliński T., Rzeczywistość wirtualna w architekturze – zastosowania i korzyści. Część 3, „Builder” lipiec 2021, ISSN 1896-0642, s. 66–68.
- [4] Fross K., Knowledge as a Way to Architecture. Designing with the Use of Research – Design by Research – Wiedza drogą do architektury. Projektowanie z wykorzystaniem badań – Design by Research, w: Definiowanie przestrzeni architektonicznej, red. serii: Gyurkovich M., Politechnika Krakowska, Kraków 2018.

DOI: 10.5604/01.3001.0016.0920

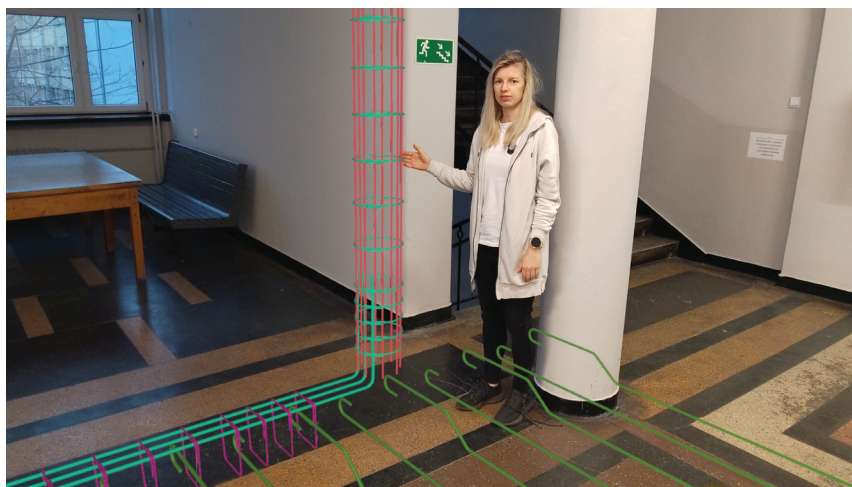
PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Fross Klaudiusz, Fross Roxana, Szuliński Tomasz, 2022, Mieszana rzeczywistość w projektowaniu BIM i inspekcjach budowli, „Builder” 12 (305). DOI: 10.5604/01.3001.0016.0920

Streszczenie: Innowacyjne technologie, takie jak skanowanie 3D, kamery 360, druk 3D, wirtualna rzeczywistość (VR, MR, AR) wprowadzają budownictwo w nową erę rozwoju. Artykuł prezentuje możliwości zastosowania technologii mieszanej rzeczywistości (MR – ang. *Mixed Reality*) w projektowaniu BIM i inspekcjach budowli. Technologia MR daje dotąd niespoty-



Fot. 7. Obraz widziany podczas inspekcji budynku



Fot. 8. Niedokładności modelu BIM z rzeczywistością, przesunięcie zbrojenia słupa

kane możliwości, jednocześnie zaciekawia oraz fascynuje użytkowników. Techniki wizualizacji MR pozwalają przedstawiać świat wirtualny w zestawieniu z rzeczywistym. Dlatego w najbliższej przyszłości w wielu dziedzinach nauki i gospodarki mieszana rzeczywistość znacząco wpłynie na wzrost skuteczności projektowania i nadzorowania procesu inwestycyjnego czy jakości tworzonych obiektów. Za pomocą MR można oglądać obiekty, informacje trójwymiarowe, dokonywać pomiarów oglądanych modeli. Zastosowanie świata wirtualnego w budownictwie możliwe jest dzięki powiązaniu z modelami BIM. Wykorzystanie MR wymaga posiadania specjalistycznego sprzętu, oprogramowania, licencji, a także specjalistycznej wiedzy. Stąd też tworzy obawy przed wykluczeniem technologicznym użytkowników z tego procesu. Także wysokie koszty sprzętu, oprogramowania oraz licencji wpływają na elitarny charakter technologii.

Słowa kluczowe: mieszana rzeczywistość, BIM, projektowanie, inspekcja budowli, MR

Abstract: THE MIXED REALITY OF BIM DESIGN AND BUILDING INSPECTIONS. Innovative technologies such as 3D scanning, 360 cameras, 3D printing, virtual reality

(VR, MR, AR) are bringing construction into a new era of development. The article presents the possibilities of using Mixed Reality (MR) technology in BIM design and building inspections. MR technology offers hitherto unprecedented possibilities, while at the same time making users curious and fascinated. MR visualization techniques make it possible to present the virtual world in juxtaposition with the real world. Therefore, in the near future, in many areas of science and economy, mixed reality will significantly increase the efficiency of design and supervision of the investment process or the quality of created objects. The use of the virtual world in construction is possible due to its connection with BIM models. The use of MR requires specialized hardware, software, licenses, as well as specialized knowledge. Hence it creates fears, of users being technologically excluded from the process. Also, the high cost of hardware, software and licenses affects the elitist nature of the technology.

Keywords: architecture, mixed reality, BIM, design, building inspection