

Zastosowanie techniki wirtualnej i poszerzonej rzeczywistości do wizualizacji wyników analiz numerycznych MES

Application of virtual and augmented reality techniques for visualizing the results of FEM numerical analyzes

MARCIN JANUSZKA
RAFAŁ NAPIERAŁA *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2019.1.13>

Prezentowano innowacyjne podejście do prezentacji wyników analiz numerycznych MES. Proponowana metoda wizualizacji wykorzystuje techniki wirtualnej i poszerzonej rzeczywistości. Praktyczne zastosowanie nowego narzędzia omówiono na przykładzie analizy wytrzymałościowej fragmentu obrzeża bocznego naczepy kurtynowej.

SŁOWA KLUCZOWE: poszerzona rzeczywistość, wirtualna rzeczywistość, analizy MES, wizualizacja

An innovative approach for presenting the results of numerical FEM analysis is presented. Proposed visualization method uses virtual and augmented reality techniques for this purpose. The practical application of the new tool is presented on the example of strength analysis of the side beam of the curtainsider semi-trailer.

KEYWORDS: augmented reality, virtual reality, FEM analysis, visualisation

Analizy numeryczne są od dawna podstawowym narzędziem do weryfikacji opracowywanych produktów. Pozwalają wykryć wady nowego środka technicznego jeszcze na etapie projektowania, co znacznie obniża koszt i czas przygotowania finalnego produktu zgodnie z przyjętymi kryteriami.

Potrzeba zapewnienia odpowiedniego stopnia wytrzymałości i trwałości oraz redukcja masy to główne powody wzrostu skomplikowania konstrukcji, a co za tym idzie również procesu weryfikacyjnego. Nic dziwnego, że poprawna interpretacja wyników analiz numerycznych jest coraz trudniejsza, zwłaszcza w przypadku złożonych układów. Wymaga od badacza nie tylko dogłębnej wiedzy merytorycznej, lecz także umiejętności przestrzennego rozumowania.

Przeglądanie rezultatów analizy w formie graficznej tekstury, nałożonej na model 3D badanego obiektu na płaskim ekranie monitora czy rzutnika, nie zawsze ułatwia interpretację wyników. Dopiero dłuższe manipulowanie wyświetlanym obrazem w przestrzeni pozwala dostrzec istotne szczegóły.

Dynamiczny rozwój technik komputerowych w ciągu ostatnich lat spowodował powstanie efektywnej alternatywy w dziedzinie prezentacji trójwymiarowych obiektów. Technika tzw. poszerzonej rzeczywistości (*augmented*

reality, AR) umożliwia przeniesienie wirtualnych obiektów do otaczającej rzeczywistości i tworzenie w ten sposób jednolitego środowiska pracy [1]. Gdy z jakiegoś powodu dostęp do badanego obiektu jest utrudniony (środowisko szkodliwe dla człowieka, fizyczny obiekt nie został jeszcze wytworzony lub znajduje się w odległości kilkuset kilometrów), z pomocą przychodzi technika wirtualnej rzeczywistości (*virtual reality*, VR) [2]. Umożliwia ona przeprowadzenie całego etapu prezentacji wyników analiz w wirtualnym środowisku.

W artykule przedstawiono techniki AR oraz – w pewnych wspólnych obszarach – VR jako nowoczesne narzędzia wizualizacyjne, wykorzystane do prezentacji wyników analizy numerycznej MES. Wdrożenie obu technik w procesie projektowym ma skrócić czas weryfikacji wyników analiz numerycznych oraz ułatwić modyfikację badanego środka technicznego.

W testach wykorzystano wyniki analizy wytrzymałościowej wykonanej w ramach prac rozwojowych prowadzonych w firmie Wielton we współpracy z Politechniką Śląską. Przedmiotem badań była weryfikacja stanu naprężeń w tzw. listwie SL (*safety lock*) naczepy, do której mocowane są pasy ładunkowe zabezpieczające przewożony towar.

Struktura systemów

Podstawowym narzędziem, na którym opiera się opracowany przez autorów system, jest Vuforia Studio firmy PTC [3]. Jest to aplikacja sieciowa do tworzenia sceny systemu AR oraz późniejszego zarządzania projektem. Opracowanie sceny jest intuicyjne i nie wymaga specjalistycznej wiedzy z zakresu programowania i przetwarzania obrazu, a równocześnie pozwala na przygotowanie profesjonalnych aplikacji poszerzonej rzeczywistości. Uzupełnieniem środowiska Vuforia Studio jest aplikacja PTC Vuforia View, która pozwala na wizualizację przygotowanej wcześniej wirtualnej sceny za pomocą tabletu, smartfona bądź wyświetlacza HMD.

Opracowany system bazuje na wyświetlaczu HMD Microsoft HoloLens, który zapewnia wysoką jakość wizualizacji. Ostatnim narzędziem potrzebnym do budowy całego systemu jest środowisko CAD/CAE, które służy do opracowywania modeli 3D i przeprowadzania analiz MES, wykorzystanych w systemie AR.

* Dr inż. Marcin Januszka (marcin.januszka@polsl.pl), mgr inż. Rafał Napierała (rafal.napierala@polsl.pl) – Politechnika Śląska, Wielton S.A.

Proces tworzenia aplikacji AR składa się z kilku etapów: przygotowania modeli 3D, przeprowadzenia numerycznej analizy wytrzymałościowej MES, zapisania wyników w repozytorium danych, wykonania sceny AR oraz jej prezentacji. Pierwsze trzy kroki można zrealizować w dowolnym programie CAD.

Najpierw trzeba zamodelować elementy/podzespoły do wykorzystania w scenie, czyli w wirtualnej przestrzeni, która zostanie nałożona na obraz rzeczywisty [4]. Środowisko Vuforia Studio, do którego wczytywane są na kolejnym etapie wszystkie obiekty 3D, umożliwia pracę z plikami w wielu popularnych formatach (m.in.: .igs, .iges, .obj, .prt, .stp, .stl, .ipt, .iam) [5]. Wyniki analizy, które mają być prezentowane, również należy przygotować w formie obiektu 3D z nałożoną teksturą wyników.

W przedstawionym przykładzie wykorzystano format pliku .wrl, utworzony w programie Creo Simulate 3.0 [6].

Drugim krokiem w tworzeniu aplikacji jest implementacja przygotowanych elementów w scenie AR. Etap ten sprowadza się do wczytania modeli oraz wyboru metody orientacji sceny w przestrzeni rzeczywistej (za pomocą markera, przez wskazanie płaskiej powierzchni lub obiektu), a także wyboru rodzaju docelowego urządzenia do wyświetlania – czy będzie to tablet, smartfon czy wyświetlacz HMD MS HoloLens.

Wstawione do sceny obiekty można dowolnie przesuwac, obracać oraz zmieniać ich wielkość. Jednak bardziej zaawansowana edycja tych obiektów jest niedostępna w ramach sceny AR; można to robić jedynie w środowisku CAD/CAE. Możliwe jest natomiast dodanie obrazów 2D oraz predefiniowanych znaczników. Gotowa scena zapisywana jest w globalnej bazie danych.

Ostatnim krokiem jest wyświetlenie projektu. Cały proces przeprowadza się za pomocą aplikacji Vuforia View, zainstalowanej na urządzeniu wyświetlającym. Po zalogowaniu na konto (na tym urządzeniu) uzyskuje się dostęp do wcześniej utworzonych w środowisku Vuforia Studio projektów. Trzeba wybrać konkretną scenę i ją wyświetlić po poprawnym zorientowaniu w rzeczywistej przestrzeni.

Strukturę omawianego systemu przedstawiono na rys. 1.

Zastosowanie technik AR

Pierwszy test techniki AR w ramach opracowanego przez autorów środowiska odbył się wewnątrz budynku, w zamkniętym pomieszczeniu. Model 3D z wynikami analizy wyświetlono na blacie stołu, obok leżącego rzeczywistego wyrobu. Jakość wizualizacji była bardzo dobra.

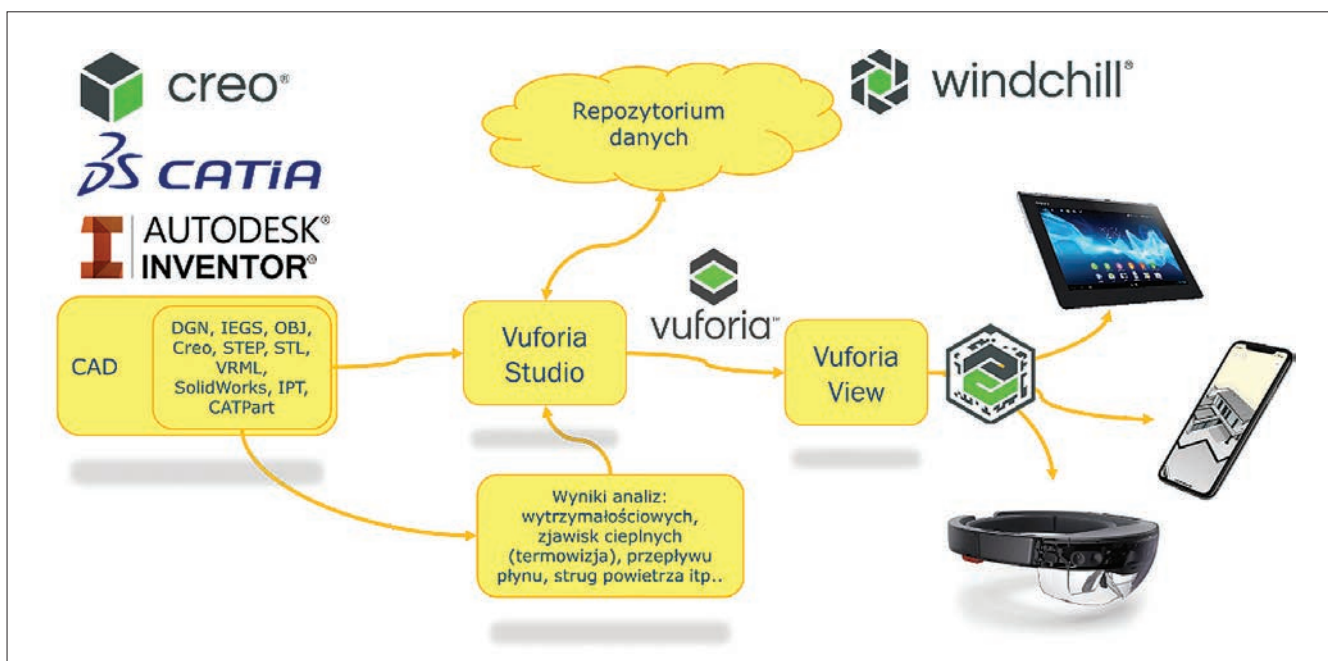
Wirtualny model odznaczał się wysokim poziomem ostrości oraz kontrastu, niezależnie od tego, z jakiej perspektywy się go oglądało. W prosty sposób można było zmieniać jego wielkość i położenie, co się przekładało na szybkie dostosowanie do rzeczywistego produktu (w tym przypadku naczepy).

Technika poszerzonej rzeczywistości świetnie się sprawdza w przypadku szybkiej analizy wyników (rys. 2). W ten efektywny sposób zespół projektowy może wspólnie dokonać ich interpretacji. Każdy członek zespołu, o ile dysponuje odpowiednim sprzętem w postaci wyświetlacza montowanego na głowie, widzi wirtualny model z wynikami MES z własnej perspektywy, wyświetlany bezpośrednio na stole.

Drugi test polegał na wyświetleniu wyników 3D na rzeczywistym elemencie naczepy pod gołym niebem.

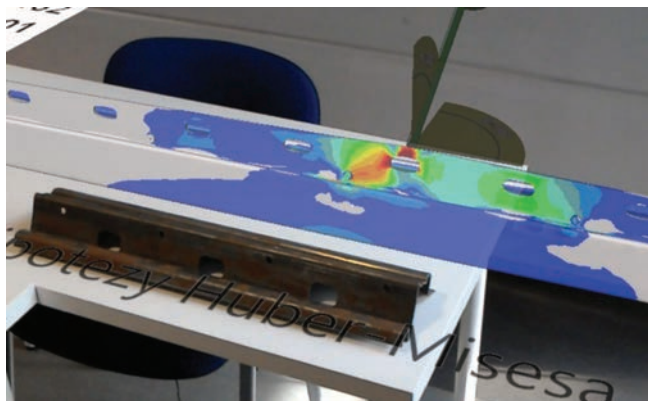
Jakość wirtualnego obiektu również w tym przypadku była dobra. Należy jednak zwrócić uwagę, że duże nasłonecznienie pogarsza jakość grafiki obiektu. Wrażliwość na warunki pogodowe jest jedynym czynnikiem powodującym pewne niedogodności. Umiejscowienie wirtualnego modelu w otoczeniu zewnętrznym (poza budynkami) jest realizowane w sposób poprawny. Dodatkowe znaczniki możliwe do wyświetlenia, w postaci zadanych wektorów sił, były dobrze widoczne na tle innych komponentów naczepy. Efekt wizualizacji poza budynkami z użyciem rzeczywistego obiektu przedstawiono na rys. 3.

Badania walidacyjne opracowanego systemu wykazały, że zastosowanie techniki poszerzonej rzeczywistości jest możliwe zarówno w warunkach biurowych, jak i terenowych. Za wykorzystywaniem takich metod prezentacji przemawia duża mobilność i brak przywiązania do urządzenia wyświetlającego, takiego jak monitor czy rzutnik. Dzięki zastosowaniu wyświetlacza HMD (*head mounted*

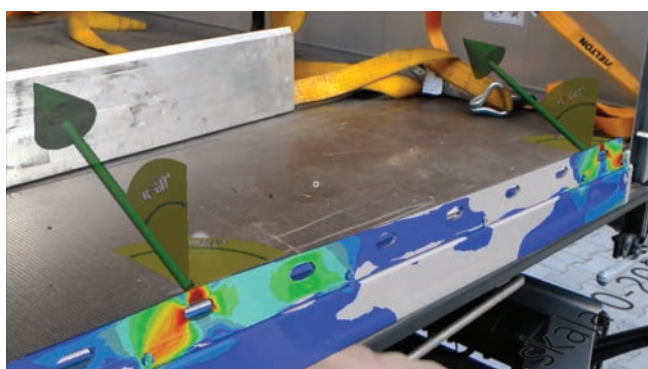


Rys. 1. Struktura systemu AR/VR

display), wyniki analiz mogą być pokazane na dowolnej powierzchni. Dostęp do przygotowanych symulacji również jest bezproblemowy, a wszystkie pliki potrzebne do wizualizacji wyników przechowywane są na serwerze chmurowym. Każda uprawniona osoba może z nich swobodnie korzystać. Brak ograniczeń co do rozmiarów przedmiotu badań to kolejna zaleta omawianych technik.



Rys. 2. Projekcja wirtualnego modelu 3D z nałożoną teksturą wyników analizy MES



Rys. 3. Wizualizacja wirtualnych wyników analizy MES na rzeczywistym przedmiocie badań

Opracowany system umożliwia prezentację rezultatów analiz całego modelu w dowolnej skali, także 1:1. Przykładem może być pokazana na rys. 2 i 3 listwa SL o długości ok. 1,5 m, która została wyświetlona w skali 1:1 i w takiej postaci była analizowana.

Zwizualizowane wyniki analiz MES można również wzbogacić o dodatkowe elementy, np. określające warunki brzegowe, takie jak wartości i kierunki sił czy przyjęty sposób podparcia w przypadku analiz wytrzymałościowych. Rezultatem zastosowania technik AR na etapie weryfikacji wyników numerycznej analizy wytrzymałościowej jest znaczne szybsze wykrywanie wad konstrukcji. Dzięki prezentacji wyników symulacji MES bezpośrednio na rzeczywistym obiekcie (w tym przypadku naczepie) w naturalny sposób można dostrzec elementy i podzespoły, które – znajdując się w pobliżu newralgicznego obszaru – mogą mieć wpływ na zachodzące tam zjawiska. Ułatwia to zdecydowanie interpretację uzyskanych i prezentowanych wyników. Na ekranie monitora, gdzie widoczny jest tylko niewielki wycinek obiektu, trudniej jest odnaleźć te zależności.

Wykorzystanie technik AR zapewnia również komfort analizy przeprowadzanej przez grupę osób. Mając do dyspozycji wyświetlacz HMD lub zwykły smartfon, każda z nich może oglądać interesujący ją obszar niezależnie od innych (z własnej perspektywy). Jednoczesne prowa-

dzenie analizy wyników różnych fragmentów przedmiotu badań powoduje bezpośrednie skrócenie sumarycznego czasu weryfikacji całego obiektu. To kolejna zaleta nowoczesnych technik prezentacji AR.

Oprócz pewnej zależności jakości obrazu od nasłonecznienia dodatkową wadą tych technik są koszty. Wartość jednego profesjonalnego wyświetlacza HMD jest porównywalna z ceną ok. 15 monitorów. Natomiast wartość jednej licencji oprogramowania (do komercyjnego zastosowania) do budowy sceny AR można porównać z ceną siedmiu licencji systemu CAD.

Te koszty mogą być przeszkodą w rozpowszechnianiu nowych technik, zwłaszcza w przypadku małych firm. W przyszłości, wraz z popularyzacją oprogramowania oraz komponentów sprzętowych, należy się spodziewać, że koszty będą maleć, a narzędzia tego typu będą dostępne nie tylko dla wielkich przedsiębiorstw, mających duże centra R&D.

Wnioski

Wykorzystanie technik poszerzonej rzeczywistości do wizualizacji wyników analiz stwarza nowe możliwości prezentacyjne. Umożliwia komfortowe oglądanie przedmiotu badań niezależnie od jego środowiska pracy, gabarytów lub liczby osób uczestniczących w prezentacji. Ułatwia poprawną interpretację oraz skraca czas wypracowania modyfikacji konstrukcji w przypadku wykrycia nieprawidłowości.

Przedstawiony system jest uniwersalny. Szeroka lista obsługiwanych formatów ułatwia jego wykorzystanie do wielu innych rodzajów analiz numerycznych dotyczących takich zagadnień, jak zjawiska cieplne, przepływ płynów czy strugi powietrza. Należy się spodziewać, że w miarę rozwoju technologii koszt sprzętu oraz niezbędnego oprogramowania będzie się obniżał, a techniki AR będą coraz szerzej stosowane zarówno w przemyśle, jak i na co dzień.

Badania finansowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na podstawie umowy nr 12/DW/2017/01/1 z dnia 07.11.2017 r. w kwocie 4 433 520,00 zł.

LITERATURA

1. Azuma R.T. "A survey of augmented reality". *Teleoperators and Virtual Environments*. 6, 4 (1997): s. 355–385.
2. Billinghurst M., Clark A., Lee G. "A survey of augmented reality". *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*. 8, 2–3 (2014): s. 73–272.
3. Vuforia Studio PTC, <https://www.ptc.com/en/products/augmented-reality/vuforia-studio> (dostęp: 29.11.2018 r.).
4. Januszka M., Krysta W. „Projektowanie ergonomiczne z zastosowaniem technik poszerzonej rzeczywistości”. *Mechanik*. 91, 1 (2018): s. 82.
5. Wspierane formaty plików wsadowych, https://support.ptc.com/help/vuforia/studio/en/#page/Studio_Help_Center%2FSupportedCADFileFormats.html (dostęp: 29.11.2018 r.).
6. Creo Simulate PTC, <https://www.ptc.com/en/products/cad/creo/simulate> (dostęp: 29.11.2018 r.).