

Projektowanie ergonomiczne z zastosowaniem technik poszerzonej rzeczywistości

Ergonomic design with the use of augmented reality techniques

MARCIN JANUSZKA
WOJCIECH KRYSZA*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.1.20>

Artykuł przedstawia nowatorski system wspomagania projektowania ergonomicznego przestrzeni pracy. Wspomaganie realizowane jest poprzez zastosowanie technik poszerzonej rzeczywistości, które pozwalają przenieść proces projektowo-konstrukcyjny z płaskiej przestrzeni monitora komputerowego do rzeczywistej przestrzeni otaczającej projektanta.

SŁOWA KLUCZOWE: projektowanie ergonomiczne, CAD, projektowanie przestrzeni pracy, poszerzona rzeczywistość

The paper presents an innovative system for aiding ergonomic design of work spaces. Aiding is realised with the use of augmented reality techniques which allow to move the design process from a flat surface of a computer's monitor to a real space around the designer.

KEYWORDS: ergonomic design, CAD, work space design, augmented reality

Proces opracowania środka technicznego (*product development proces* – PDP) jest skomplikowany i złożony, co wynika z potrzeby uwzględniania w nim coraz większej liczby czynników. Ta liczba zależy nie tylko od samej konstrukcji środka technicznego, lecz także od przebiegu procesu późniejszego wytwarzania oraz pozostałych etapów cyklu życia produktu. Do ważniejszych czynników branych pod uwagę w procesie opracowania środka technicznego należą m.in. czynniki techniczne i ekonomiczne oraz ergonomią i bezpieczeństwo. Przyjmowane rozwiązania podlegają weryfikacji i walidacji. Mimo nowych możliwości prezentacji i analiz tworzonych elementów istotną rolę w weryfikacji produktów nadal odgrywają fizyczne prototypy. Ponadto utrzymuje się tendencja do tworzenia prototypów środka technicznego na kilku etapach PDP. W niektórych przypadkach jest to zabieg kosztowny, niekiedy podyktowany wyłącznie potrzebą przedstawienia produktu klientowi, który nie ma wiedzy pozwalającej na inną weryfikację tego produktu. W zakładach przemysłowych często też występuje potrzeba weryfikacji współdziałania i położenia względnych maszyn pochodzących od różnych dostawców. Naturalnym krokiem w rozwoju systemów wspomagania wizualizacji produktów wydaje się zatem stosowanie zaawansowanych technik komputerowych [6]. Ich przykładem są techniki poszerzonej rzeczywistości (*augmented reality* – AR) [1]. Techniki AR pozwalają łączyć komputerowo generowany świat ze światem rzeczywistym w taki sposób, że stanowią one jedno, zszyntezowane środowisko. Zastosowanie technik AR daje możliwość przeniesienia wielu etapów procesu

opracowania środka technicznego z monitora komputerowego do rzeczywistego otoczenia [2].

W niniejszym artykule autorzy przedstawiają opracowany prototypowy system do wspomagania projektowania przestrzeni pracy dla użytkowników stanowisk roboczych. Celem opracowanego systemu jest ułatwienie i przyspieszenie prac projektowo-konstrukcyjnych dzięki prowadzeniu operatora programu przez proces projektowania ergonomicznego. System jednocześnie wykorzystuje techniki AR do wizualizacji postępów pracy użytkownika.

Zastosowanie systemu

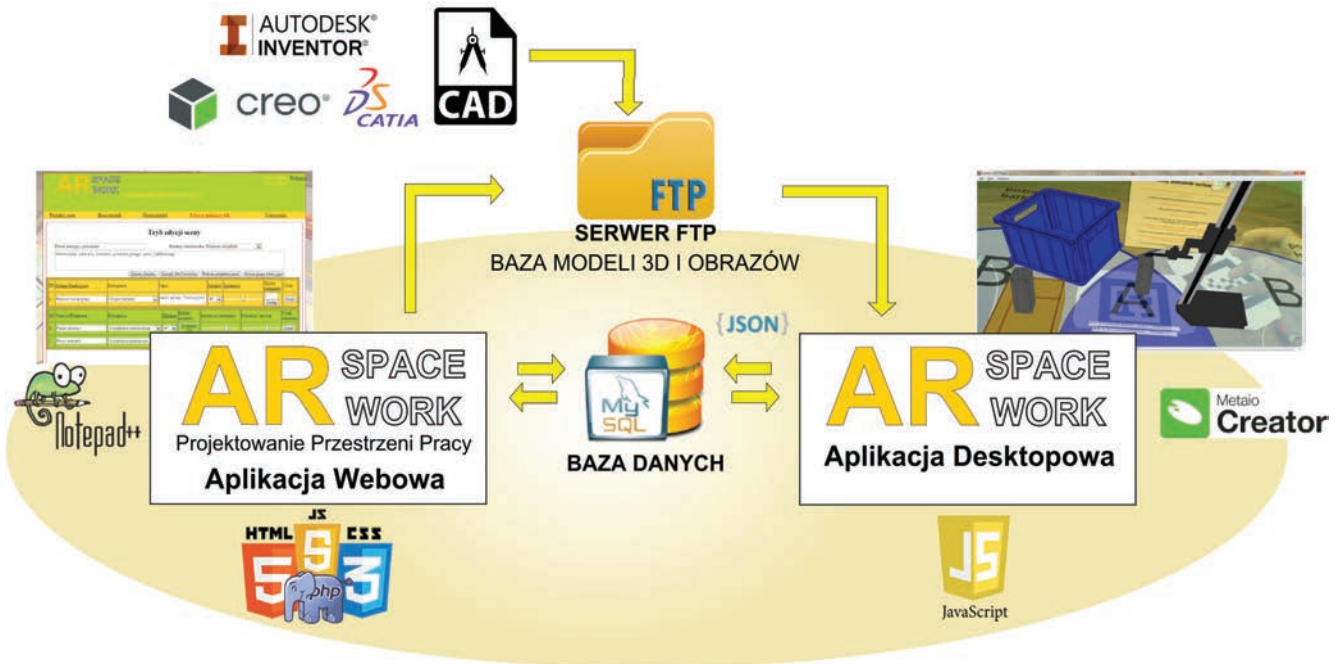
Zadaniem opracowanego prototypowego systemu AR, nazwanego roboczo ARSpaceWork, jest wspomaganie konstruktora w projektowaniu środków technicznych, a przede wszystkim przestrzeni pracy stanowisk roboczych. Najważniejszy w kontekście wizualizacji efektów pracy etap procesu projektowo-konstrukcyjnego przebiega w rzeczywistej przestrzeni otaczającej konstruktora, a nie na monitorze komputerowym [3]. Przestrzeń rzeczywista jest nazywana sceną poszerzonej rzeczywistości (sceną AR). Ta przestrzeń jest wzbogacana wirtualnymi, generowanymi komputerowo obiektami, stanowiącymi przedmiot procesu opracowania środka technicznego (rys. 1). Przed systemem postawiono zadanie prowadzenia użytkownika (projektanta, konstruktora) przez kolejne etapy procesu PDP, z włączeniem mechanizmów skojarzeń i analogii, aby ukierunkować wyobraźnię użytkownika na rozwiązania ergonomiczne. Systemowi AR powierzono wspieranie użytkownika w doborze elementów sceny, ze specjalnym uwzględnieniem obiektów sygnalizacyjnych i sterowniczych. Ponadto program wspomaga użytkownika w wyznaczaniu optymalnego położenia wszystkich elementów sceny z wykorzystaniem metody ustalania istotności i priorytetów obiektów. Jedną z najważniejszych funkcji systemu jest możliwość interakcji z wybranymi obiektami poprzez dowolne manipulowanie ich położeniem i orientacją w otaczającej użytkownika przestrzeni rzeczywistej. Tym samym proces projektowy zostaje przeniesiony z płaskiego ekranu komputera do interaktywnej przestrzeni rzeczywistej, w której projektowane urządzenia będą użytkowane po ich wytworzeniu [3] (rys. 1).

Opracowany system może znaleźć zastosowanie zwłaszcza w przypadku projektowania: paneli sterowniczych, kokpitów urządzeń, obiektów technicznych z prefabrykowanych elementów (takich jak rozbudowane systemy profili oraz ich połączenia), urządzeń przemysłowych, a także instalacji wodnych, elektrycznych i gazowych w pomieszczeniach.

* Dr inż. Marcin Januszka (marcin.januszka@polsl.pl), mgr inż. Wojciech Kryśta (wojciech.krysta@gmail.com) – Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn, Politechnika Śląska



Rys. 1. Scena poszerzonej rzeczywistości wykorzystywana w procesie projektowania i konstruowania



Rys. 2. Architektura systemu ARSpaceWork

Architektura systemu

Zastosowanie systemu związane jest z trzema aplikacjami: CAD (dowolnym środowiskiem CAD, np. Dassault Systems CATIA, Autodesk Inventor czy PTS Creo Parametric), webową i desktopową (rys. 2). Dwie ostatnie aplikacje zostały opracowane na potrzeby prezentowanego systemu AR. Aplikacja webowa zapewnia głównie interfejs służący do tworzenia i doboru modeli elementów projektowanej sceny oraz do komunikacji z użytkownikiem. Natomiast aplikacja desktopowa umożliwia rozmieszczanie dobranych modeli w środowisku poszerzonej rzeczywistości. Środowisko CAD służy do opracowania modeli na potrzeby repozytorium modeli 3D używanych w systemie AR oraz do przygotowania końcowej dokumentacji projektowo-konstruktynowej w formie rysunków 2D.

Działanie systemu AR opiera się na rejestrowaniu obrazu z urządzenia nagrywającego (np. kamery) i rozpoznaniu na jego podstawie dwuwymiarowych markerów AR/QR, umieszczonych w rzeczywistej przestrzeni 3D przed użytkownikiem systemu. Na znaczniki AR/QR aplikacja desktopowa nakłada modele przestrzenne CAD, które symulują na wyświetlanym obrazie obiekty znajdujące się na scenie. Ideą działania systemu jest projektowanie wirtualnego urządzenia/układu bezpośrednio w przestrzeni rzeczywistej przed użytkownikiem zamiast na płaskim ekranie komputera. Obiekty są tym samym widziane w skali 1:1

(lub innej, dowolnej skali) i projektant ma możliwość ciągłej weryfikacji projektowanego układu, zwłaszcza w odniesieniu do innych obiektów rzeczywistych znajdujących się w jego otoczeniu. System prowadzi użytkownika przez wszystkie etapy procesu projektowania: konceptowanie, projektowanie i konstruowanie w środowisku AR. Umożliwia wyznaczenie priorytetów elementów sceny i pomaga w ich optymalnym rozmieszczeniu, pozwala na analizę zasięgu rąk i stref roboczych pracownika, zapewnia pomocniczą bazę wiedzy oraz symulacje pracy operatora na stanowisku roboczym.

Do działania systemu wymagane są: komputer z klawiaturą i myszką, kamera internetowa oraz wyświetlacz (najlepiej HMD). System AR (w zakresie aplikacji webowej i desktopowej) bazuje na środowisku programu Metaio Creator oraz technologiach internetowych HTML, CSS, PHP, JavaScript i SQL.

Proces projektowo-konstruktynowy

Ze względu na nowatorski charakter opracowanego systemu AR stworzono autorską metodę projektowania ergonomicznego. Proces ten w maksymalnym możliwym stopniu bazuje jednak na klasycznym procesie projektowo-konstruktynowym – zmiany wprowadzono głównie w zakresie wizualizacji i interakcji. Całość procesu skoncentrowano wokół kilku kolejno realizowanych etapów

tworzenia projektu sceny AR, zależnie od zastosowania projektu przestrzeni pracy lub środka technicznego. Proces projektowo-konstrukcyjny rozpoczyna się od obmyślenia rozwiązania oraz etapu wstępnego projektowania sceny AR (np. projektowanego stanowiska roboczego monter na linii produkcyjnej). Pierwsze dwa etapy są realizowane w aplikacji webowej. Ostatnim etapem jest konstruowanie sceny stanowiska pracy w rzeczywistym otoczeniu. Jest on realizowany w trybie poszerzonej rzeczywistości.

Proces koncyptowania i wstępnego projektowania w zaproponowanej metodzie polega na wyborze istniejących elementów i/lub podzespołów z repozytorium (bazy modeli 3D i obrazów). W repozytorium mogą być gromadzone elementy znormalizowane, katalogowe lub inne zapisane przez użytkownika, pochodzące z procesu projektowo-konstrukcyjnego. W każdej chwili bezpośrednio z systemu CAD do bazy mogą być dodane nowe elementy 3D. Dobór odpowiednich typów elementów sceny AR (i tym samym przestrzeni pracy), a zwłaszcza urządzeń sterowniczych i sygnalizacyjnych, odbywa się na podstawie ich wyszukiwania w bazie modeli o parametrach zaznaczonych w filtrze wyszukiwania. Rezultatem procesu koncyptowania i wstępnego projektowania jest lista priorytetyzowanych elementów, które będą służyły do opracowania modelu złożeniowego środka technicznego lub stanowiska pracy. Elementy mogą być dzielone na grupy funkcyjne, co pozwala na późniejsze manipulowanie w środowisku rzeczywistym jednocześnie wszystkimi elementami grupy. Możliwe jest także przenoszenie elementów pomiędzy grupami w zależności od potrzeb.

Właściwy etap konstruowania, związany z opracowaniem modelu złożeniowego, jest realizowany w aplikacji desktopowej, na scenie AR (w środowisku rzeczywistym wokół konstruktora). Konstruktor ma do dyspozycji wszystkie wczytane elementy sceny (modele wskazane w aplikacji webowej), którymi może dowolnie manipulować – ustalać ich prawidłowe względne położenie i orientację. Aby ułatwić użytkownikowi podejmowanie decyzji dotyczących rozmieszczenia elementów na scenie, w systemie zaimplementowano etykiety obiektów. Pojedyncza etykieta zawiera nazwę elementu oraz priorytet wyznaczony na podstawie parametrów tego obiektu. Celem priorytetu jest wskazanie użytkownikowi (konstruktorowi), który element jest ważniejszy (biorąc pod uwagę przyjęte kryteria). Jest to szczególnie użyteczne przy projektowaniu przestrzeni pracy. W tym przypadku na końcowy priorytet elementu składają się różne parametry regulowane suwakami w aplikacji desktopowej w skali od 0 do 10. Są nimi: istotność elementu (IE), częstość użytkowania (CU) oraz istotność grupy (IG). Dodatkowymi parametrami związanymi z modelem przestrzennym są współczynnik przenośności (WP, który wynosi 1 lub 0) oraz współczynnik masy elementu (WM). Współczynnik masy elementu również ma skalę od 0 do 10 i rośnie do maksymalnej wartości, gdy masa elementu przekracza 9 kg.

System umożliwia tworzenie bazy wiedzy projektowej reprezentowanej za pomocą obiektów graficznych (np. zdjęć, rysunków, schematów). W przypadku zastosowania systemu do wspomaganie projektowania przestrzeni pracy podstawowymi zaimplementowanymi w nim regułami są zasady grupowania urządzeń według McCormicka [4, 5]. Na potrzeby weryfikacji systemu opracowano – na przykładzie procesu projektowania przestrzeni pracy – kilka grafik dotyczących zasięgu rąk pracownika oraz optymalnych stref roboczych. Dodatkowo w bazie zamieszczono grafiki z zasadami ekonomiki ruchów oraz regułami

grupowania McCormicka [4]. Do zapisanych w bazie wiedzy elementów należą także obrazy przygotowane na podstawie atlasów antropometrycznych, przedstawiające zasięg kończyn pracownika oraz optymalne strefy robocze. Do bazy wstawiono ponadto listę zasad ekonomiki ruchów (np. zasadę, że główne czynności manipulacyjne i ruchy kontrolowane powinny być wykonywane w obrębie właściwych stref wygody pracy). Wykorzystanie tych elementów jest wpisane w proces projektowania. Jego przebieg jest sprawdzany przy pomocy listy kontrolnej dostępnej podczas użytkowania systemu.

Na podstawie zgromadzonej wiedzy projektowej, reprezentowanej na scenie AR w intuicyjny, graficzny sposób, prowadzony jest proces PDP, obejmujący walidację (ocenną) rozwiązania pod kątem spełnienia wymagań ergonomicznych. Zbudowana scena AR z optymalnie rozmieszczonymi elementami może być następnie przesłana do systemu CAD. Co ważne, przy eksporcie modeli ze sceny AR zapamiętywane jest ich względne położenie. W razie potrzeby przesłany do systemu CAD model przestrzeni pracy lub projektowanego środka technicznego może być dalej modyfikowany lub zostać użyty do opracowania końcowej dokumentacji projektowej, co kończy etap projektowo-konstrukcyjny. Ponieważ walidacja rozwiązania odbywała się w trakcie procesu projektowo-konstrukcyjnego, nie jest konieczne prowadzenie dalszych badań walidacyjnych rozwiązania (np. z zastosowaniem fizycznego prototypu).

Podsumowanie

Ze względu na złożoność problemów związanych z opracowywaniem środka technicznego rezultat tego procesu często zależy od doświadczenia osób oceniających dane rozwiązanie. Im wcześniej zostaną zidentyfikowane nieprawidłowości rozwiązania, tym szybciej i z lepszym efektem zakończy się proces projektowy. Prezentowany system poszerzonej rzeczywistości do wspomaganie projektowania ergonomicznego wychodzi naprzeciw oczekiwaniom. Przez zastosowanie technik AR proces projektowo-konstrukcyjny przenosi się z płaszczyzny monitora do rzeczywistego otoczenia projektanta/konstruktora. Opracowane rozwiązanie pozwala na intuicyjne manipulowanie wirtualnymi trójwymiarowymi obiektami w otaczającej przestrzeni. Możliwe są też bieżąca walidacja i odnajdywanie optymalnych rozwiązań. W opisywanym systemie wspomaganie interfejsem projektowania jest sam człowiek i jego otoczenie, co stanowi nowatorskie podejście. Zastosowanie systemu eliminuje konieczność tworzenia kosztownych prototypów lub przynajmniej ogranicza ich liczbę. Przyszłe prace autorów będą zmierzały do rozwoju systemu oraz bliższej integracji z obecnie stosowanymi systemami CAD, co pozwoli na jego szersze upowszechnienie.

LITERATURA

1. Azuma R.T. "A survey of augmented reality". *Teleoperators and Virtual Environments*. 6, 4 (1997): s. 355–385.
2. Billingshurst 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. Januszka M. „Projektowanie ergonomiczne z zastosowaniem technik poszerzonej rzeczywistości”. *Mechanik*. 2 (2013): s. 140 (pełna wersja elektroniczna na CD).
4. Sanders M., McCormick E. "Human Factors in Engineering and Design". New York: McGraw-Hill, 1993.
5. Tytyk E. „Projektowanie ergonomiczne”. Warszawa: PWN, 2001.
6. Wang X., Ong S.K., Nee A.Y.C. "A comprehensive survey of augmented reality assembly research". *Advances in Manufacturing*. 4, 1 (2016): s. 1–22.