

STAN OBECNY I PERSPEKTYWY ROZWOJU SYSTEMÓW RZECZYWISTOŚCI ROZSZERZONEJ W ZASTOSOWANIACH PRZEMYSŁOWYCH

W artykule zaprezentowano przegląd wybranych, obecnych i potencjalnych, zastosowań systemów rzeczywistości rozszerzonej (AR) w szeroko rozumianym przemyśle. AR stanowią systemy łączące trzy cechy: połączenie świata rzeczywistego z wirtualnym, interaktywność w czasie rzeczywistym oraz zapewnienie użytkownikowi swobody ruchów w trzech wymiarach. Jest to niezwykle perspektywiczny obszar badań, który może znaleźć praktyczne zastosowanie w każdej niemal dziedzinie życia.

Słowa kluczowe: rzeczywistość rozszerzona.

WSTĘP

Rzeczywistość rozszerzona AR (*Augmented Reality*), w przeciwieństwie do rzeczywistości wirtualnej (lub, dokładniej mówiąc, środowiska wirtualnego) nie opiera się wyłącznie na elektronicznej prezentacji pewnych obrazów i dźwięków, lecz łączy bodźce pochodzące z rzeczywistego środowiska z tymi wygenerowanymi lub przetworzonymi w sposób cyfrowy (np. dokładnymi współrzędnymi geograficznymi obserwowanych obiektów), niedostępnymi dla użytkownika nieuzbrojonego w odpowiednie narzędzia i oprogramowanie. Jako że najważniejszym zmysłem jest dla człowieka wzrok, zdecydowana większość informacji przetwarzanych przez systemy AR jest prezentowana jako grafika wektorowa, na kolejnych miejscach znajdują się dźwięki oraz – zdecydowanie rzadziej – bodźce dotykowe.

Rzeczywistością rozszerzoną można nazwać wiele sposobów obróbki i prezentacji, a nierzadko także gromadzenia i transferu różnego rodzaju informacji. Miarą ich przystępności i przydatności jest tzw. medialność, będąca tak naprawdę subiektywną oceną użytkownika danego systemu [3]. Ze względu na sposób prezentacji informacji można systemy AR podzielić na dwie grupy:

- *see-through* – obraz umiejscawiany jest na przezroczystych wyświetlaczach, przez które obserwować można rzeczywiste obiekty;
- *video mixing* – obraz pozyskany z kamery cyfrowej jest w odpowiedni sposób obrabiany, a następnie prezentowany, najczęściej na nieprzezroczystym ekranie, często umieszczonym wewnątrz specjalnie skonstruowanego hełmu.

AR nie jest nową technologią – prace nad nią prowadzone są w wielu ośrodkach naukowych na świecie już od lat 60. XX wieku, jednak dopiero upowszechnienie technologii bezprzewodowego dostępu do Internetu oraz postęp prac nad m.in. cyfrową obróbką obrazu umożliwiły jej bardzo szybki rozwój w ostatnich latach. Chociaż w powszechnym przekonaniu najważniejszym zastosowaniem systemów rzeczywistości rozszerzonej jest rozrywka, to jednak zapotrzebowanie na podobne systemy jest coraz częściej zgłaszane przez instytucje związane z szeroko pojętym przemysłem, nauką oraz techniką.

1. WYBRANE ZASTOSOWANIA

Rozszerzona rzeczywistość znajduje już dziś zastosowanie w wielu dziedzinach techniki, do których zaliczają się:

- inżynieria medyczna – połączenie generowanych w czasie rzeczywistym, za pomocą tomografów komputerowych lub rezonansu magnetycznego, obrazów ciała ludzkiego z faktycznym stanem pacjenta (rys. 1) pozwala wyeliminować najważniejszą wadę mało inwazyjnych metod leczenia chirurgicznego, tj. ograniczenia pola widzenia chirurga wewnątrz ciała pacjenta [1], a także przyczynić się do lepszego zrozumienia i zaprezentowania metod oraz wyników badań, np. podczas wykładów w uniwersytetach medycznych;



Rys. 1. Wykorzystanie rzeczywistości rozszerzonej w zabiegach i badaniach medycznych

Fig. 1. Application of AR systems in medicine

Źródło: O. Bimbe, R. Raskar, *Spatial Augmented Reality – Merging Real and Virtual Worlds*, Wellesley, MA: A K Peters, 2005, s. 88.

- budowa maszyn – istnieją programy, mające wspomagać techników i inżynierów w prawidłowym łączeniu części i podzespołów w celu uzyskania optymalnych parametrów montowanego urządzenia – ocena poprawności montażu jest dokonywana na bieżąco na podstawie porównywania położenia danego elementu z jego odwzorowaniem na rysunku technicznym;

- projektowanie – połączenie rzeczywistego obiektu z jego modelem matematycznym wraz z wykorzystaniem algorytmów wykrywania gestów pozwala projektantom udoskonalać modernizowane przez nich konstrukcje, np. analizując efekty działania przyłożonych do konstrukcji w sposób wirtualny sił i momentów;
- informacja publiczna i prywatna – upowszechnienie tzw. kodów QR nie tylko pozwoliło klientom uzyskać dodatkowe informacje o znajdujących się na półkach sklepowych produktach, a konduktorom w pociągach – weryfikować autentyczność okazanych im do kontroli biletów, lecz także wprowadziło nowe możliwości w dziedzinie zarządzania skomplikowanymi projektami konstrukcyjnymi. Każdy upoważniony może sprawdzić nie tylko zgodność dostarczonej części z zamówieniem, lecz także jej dodatkowe właściwości, oraz przypisać elementom konstrukcyjnym lub lokalizacjom właściwości niewidoczne gołym okiem. Do ich odczytania konieczne może być specjalne oprzyrządowanie czy oprogramowanie zapewniające poufność przesyłanych danych;
- kierowanie ogniem – hełmy stosowane przez pilotów samolotów oraz śmigłowców wojskowych mają możliwość wyświetlania podstawowych informacji w formie grafiki wektorowej na przezroczystej zasłonie hełmu, dodatkowo pilot może kierować wylot lufy działka szybkostrzelnego samym jedynie obrotem głowy dzięki wyposażeniu hełmu w układ śledzący ruchy [1].

2. NAJWAŻNIEJSZE CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA FUNKCJONALNOŚĆ SYSTEMÓW AR

Pomimo ponad 50 lat stałego rozwoju omawianej technologii wciąż napotyka ona problemy, które powinny zostać bezwzględnie rozwiązane. Najważniejsze z nich, właściwe tylko dla tej technologii, są to:

- a) problem rejestracji – najważniejszym zagadnieniem podczas projektowania systemów rozszerzonej rzeczywistości jest prawidłowe nałożenie obrazu wygenerowanego w sposób elektroniczny na (prawidłowo zaobserwowane) obiekty rzeczywiste [1]. Przykładowo, podczas wykonywania wspomaganej przez system AR operacji, chirurg bezwzględnie musi być pewien, że obraz skalpela odpowiada jego położeniu wewnątrz ciała pacjenta, inaczej może on uszkodzić ważne organy wewnętrzne. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, iż człowiek jest skłonny bardziej ufać swojemu zmysłowi wzroku niż jakimkolwiek innym, a rozbieżności pomiędzy np. czuciem i widzeniem mogą prowadzić do błędów w odbiorze rzeczywistości. Ponadto, błędy odczuwania głębi mogą wynikać z rzutowania trójwymiarowej przestrzeni na powierzchnię wyświetlacza (płaską lub zakrzywioną). Uważa się, że minimalna wymagana dokładność nałożenia obrazu na rzeczywisty obiekt wynosi niewielki ułamek stopnia, natomiast maksymalna jest ograniczona jedynie przez możliwości optyki oka ludzkiego;

- b) błędy statyczne – inaczej błędy pomiaru rzeczywistości lub błędy obserwacji – mogą wynikać m.in. ze zniekształceń w przyrządach optycznych, błędów systemu śledzenia (np. niedokładności metody pomiarowej – tu stosuje się pomiar mechaniczny, elektromagnetyczny oraz optyczny znacznikowy lub bezznacznikowy), błędów wywołanych zbyt dużym uproszczeniem modelu matematycznego opisywanego zjawiska;
- c) błędy dynamiczne – wynikają one z czasu, jaki algorytmy systemu AR potrzebują na niezbędną obróbkę pozyskanych danych. Jeśli obserwowany obiekt porusza się względem obserwatora, może to powodować pewne opóźnienia w wyświetlaniu dodatkowych informacji – obraz cyfrowy widocznie „zostaje w tyle”. W istniejących systemach często spotykane są opóźnienia o wartości 0,1–0,25 sekundy.

Niektóre z wyżej wymienionych błędów mogą zostać wyeliminowane całkowicie już na etapie projektowania architektury systemu, np. poprzez wprowadzenie niezmiennych w czasie poprawek na kształt elementów optycznych kamery cyfrowej. Inne, jak m.in. związane z prawidłowym określeniem odległości między punktami czy opóźnieniem wyświetlania, zależą od zbyt wielu czynników, aby możliwe było ich całkowite wyeliminowanie – mogą być jedynie minimalizowane.

Inne bariery rozwoju systemów AR wynikają z poziomu zaawansowania technologii i urządzeń, będących częściami składowymi tych systemów. Najważniejszym problemem w rozwoju systemów rzeczywistości rozszerzonej wydaje się być wciąż prawidłowa obserwacja i interpretacja otoczenia. O ile człowiek już w wieku kilku lat jest w stanie poprawnie wyizolować i zidentyfikować otaczające go obiekty, to jest to, jak dotąd, umiejętność właściwa wyłącznie istotom żywym, nabywana wraz z życiowym doświadczeniem i wykorzystywana w sposób intuicyjny. Urządzenia cyfrowej rejestracji obrazu potrafią stworzyć o wiele lepszy opis „widzianego” przez siebie świata (dzięki zdolności do wyizolowania większej liczby kolorów niż człowiek – najczęściej 2^{24} kombinacji RGB), jednak napotykają olbrzymie trudności z poprawną interpretacją uzyskanego obrazu, o ile nie jest on jednoznacznie zgodny lub niezgodny z zaprogramowanym wzorcem. Algorytmy wyszukiwania krawędzi wciąż nie są doskonałe pomimo intensywnych prac związanych z wykorzystaniem m.in. sztucznych sieci neuronowych. Obecny poziom rozwoju tej technologii pozwala na wyizolowanie pewnych kształtów z otoczenia (wspomnieć należy chociażby o algorytmach wykrywania twarzy lub zdalnego odczytu numerów rejestracyjnych samochodów), jednak zidentyfikowanie otrzymanych w ten sposób obiektów, np. poprzez porównanie ich z bazą danych dotyczących przedmiotów podobnych, pozostaje wciąż w sferze marzeń. Jeszcze trudniejszym zadaniem wydaje się być nauczenie komputerów poprawnej interpretacji zmian w zarejestrowanym obrazie, np. przesunięć lub obrotów konkretnych przedmiotów.

Kolejny problem stanowi sposób prezentacji danych. Najpopularniejszym obecnie sposobem wyświetlania obrazu w systemach AR jest wyświetlacz przezierny (ang. *head-up display*, HUD) – hełmowy albo zamocowany w sposób stały. Wykorzystuje on najczęściej efekt wydzielania światła przez diody elektroluminescencyjne.

scencyjne pod wpływem przyłożonego napięcia. Diody te wytwarzane są ze związków organicznych, głównie polifenylenowinyleny lub polifluorenu. Przez wiele lat barierą w rozwoju tej technologii była cena takich wyświetlaczy, jednak obecnie zgodnie z zasadą ekonomii skali nieznacznie poprawiają się zarówno warunki ekonomiczne ich wykorzystania, jak i ich właściwości techniczno-użytkowe. Przewiduje się, że istotny rozwój w tej dziedzinie może nastąpić po wprowadzeniu grafenu do produkcji na skalę przemysłową. W obliczu wysokiej ceny wyświetlaczy pół- lub całkowicie przezroczystych, przez wiele lat wykorzystywano wyświetlacze ciekłokrystaliczne (LCD) do prezentacji danych rozszerzonej rzeczywistości. Nie gwarantują one jednak całkowitej funkcjonalności systemu AR, ponieważ wyświetlacz sam w sobie nie jest przezroczysty i „zasłania” elementy rzeczywiste znajdujące się za nim, uniemożliwiając w ten sposób dokładne nałożenie informacji wirtualnej na rzeczywistość. Z drugiej strony jednak, wykorzystanie kamery cyfrowej (*video mixing*), w jaką wyposażona jest większość dzisiejszych urządzeń mobilnych, pozwala zmniejszyć tę niedogodność, wprowadzając jednak pewne błędy związane z niedokładnym odwzorowaniem kolorów lub pominięciem słabiej widocznych obiektów. Przykładem takiego systemu może być popularna wśród studentów Wydziału Nawigacyjnego aplikacja mobilna o nazwie *Google Sky Map*, pozwalająca na zgrubną identyfikację ciał niebieskich.

W systemach AR wykorzystujących oba typy wyświetlaczy informacje pochodzące z urządzeń rejestrujących czynniki zewnętrzne, takie jak odległości pomiędzy obiektami czy pozycje geograficzne obiektów, są nakładane w procesie fuzji danych na informacje o orientacji poziomej i pionowej wyświetlacza i jego pozycji w przestrzeni. Dzięki temu – o ile oczywiście omawiane dane charakteryzują się odpowiednią dokładnością – uzyskać można zadowalający stopień nałożenia informacji wirtualnej na rzeczywistość.

3. OBECNE TENDENCJE I PERSPEKTYWY ROZWOJU PRZEMYSŁOWEJ RZECZYWISTOŚCI ROZSZERZONEJ

Za ostateczny cel badań nad rozszerzoną rzeczywistością uznaje się stworzenie takiego środowiska, w którym niemożliwe będzie odróżnienie obiektów rzeczywistych od wygenerowanych komputerowo [2]. Taka tendencja wydaje się pożądana w przypadku zastosowania systemów AR w szeroko pojętej rozrywce czy kulturze, gdzie bardzo wysoko ceniona jest zdolność wiernego oddania kształtów i ich wzajemnych relacji. W zastosowaniach technicznych, przemysłowych większy nacisk kładzie się na dostępność i przejrzystość prezentacji żądanych cech obiektu technicznego niż na estetykę, choć pewne standardy i tutaj powinny zostać zachowane w celu uczynienia interfejsu użytkownika bardziej przyjaznym.

Choć rzeczywistość rozszerzona nie jest jeszcze wykorzystywana w przemyśle na szeroką skalę, to jednak potencjał tej technologii jest bardzo duży. Pozostaje

jedynie kwestią czasu, kiedy systemy AR wejdą w skład stałego ekwipunku inżynierów i techników w następujących dziedzinach:

- przenoszenie i pozycjonowanie sztuk ciężkich – wykorzystanie zalet rzeczywistości rozszerzonej pozwoli dokładniej mierzyć orientację ciężkich maszyn, urządzeń, sekcji budowanych statków itp. w przestrzeni i porównywać je z parametrami zadanymi w projekcie, w tym także w planie ładunkowym statku;
- kontrola wizualna złączy spawanych – jednoczesne połączenie zalet kontroli wzrokowej spawów oraz pomiarów elektronicznych podstawowych parametrów złączy, takich jak rozmiary pęknięć czy wielkość nadlewu, oraz porównywanie ich z kryteriami określonymi odpowiednimi normami pozwoli łatwiej i szybciej oceniać jakość ich wykonania nie tylko podczas przeprowadzania rzeczywistych prac, lecz także w procesie szkolenia spawaczy;
- kontrola ruchu lotniczego, drogowego oraz wodnego – wyświetlanie podstawowych informacji o pojazdach jednocześnie z ich rzeczywistym obrazem może wpłynąć na poprawę bezpieczeństwa transportu poprzez łatwiejszą identyfikację odbiegających od normy zachowań i zdarzeń;
- zapobieganie zderzeniom na morzu i w powietrzu – nakładanie wektorów ruchu względnego na rzeczywiste obiekty może pozwolić pilotom i nawigatorom na lepsze rozeznanie w sytuacji panującej wokół oraz wykonanie koniecznych manewrów w celu uniknięcia niebezpieczeństwa [3];
- oznaczanie stref niebezpiecznych – stworzenie systemów opartych na wymianie informacji jedynie z użytkownikami urządzeń, znajdujących się w danej strefie może ułatwić dotarcie z informacjami dotyczącymi bezpieczeństwa i higieny pracy do wszystkich osób, których dana informacja dotyczy. Powiązanie urządzeń mobilnych z odpowiednim oprzyrządowaniem komunikacji bezprzewodowej może pozwolić przekazywać osobom, znajdującym się w konkretnym obszarze np. będącej w budowie platformy wiertniczej, informacji na temat zagrożeń, jakie mogą one napotkać, np. podejrzenia istnienia atmosfery wybuchowej czy zapylenia, oraz sygnalizować dane zagrożenia dźwiękowo. Jest to szczególnie istotne, ponieważ przy projektach konstrukcyjnych w branży górnictwa morskiego pracują nieraz setki osób i ostrzeżenie każdej z nich w odpowiednio krótkim czasie może być utrudnione;
- kontrola graniczna i celna – nałożenie obrazów wnętrza kontenerów, wygenerowanych przez skanery rentgenowskie na rzeczywiste pole widzenia funkcjonariusza służb celnych może ułatwić identyfikację podejrzanych ładunków;
- gospodarka magazynowa – opisanie każdego z obiektów, znajdujących się w magazynie (bibliotece, archiwum itp.) zbiorem danych na temat jego położenia, nazwy, kategorii, ciężaru i innych parametrów może pomóc użytkownikowi w łatwiejszym odnalezieniu danego przedmiotu poprzez wirtualne „podświetlenie” obiektów spełniających kryteria wyszukiwania, tak jak to jest widoczne na rysunku 2;



Rys. 2. Koncepcja wyszukiwania rzeczywistych obiektów przy wykorzystaniu rzeczywistości rozszerzonej

Fig. 2. Real objects searching by use of AR systems concept

Źródło: O. Bimbe, R. Raskar, *Spatial Augmented Reality – Merging Real and Virtual Worlds*, Wellesley, MA: A K Peters, 2005, s. 328.

- ułatwienia dla osób niedowidzących – ta dziedzina zainteresowań rzeczywistości rozszerzonej, choć niezwiązana ściśle z przemysłem, zawiera potencjał do zwiększenia stopy zatrudnienia w tej grupie społecznej. Wady wzroku niektórych osób są na tyle poważne, że nie da się ich skorygować za pomocą zwykłych okularów czy soczewek kontaktowych, a jednocześnie ich oczy wykazują pewne reakcje na światło. Dzięki temu obróbka obrazu zarejestrowanego przez kamerę cyfrową umieszczoną na głowie osoby niedowidzącej, poprzez np. powiększenie zaobserwowanych liter bez utraty ich kontekstu lub zwiększenie kontrastu, a następnie wyświetlenie go bezpośrednio przed oczyma lub wręcz na siatkówce oka [5], ułatwi osobom dotkniętym tego rodzaju niepełnosprawnością normalne funkcjonowanie, w tym podejmowanie zatrudnienia [5, s.11];
- termowizja – umożliwienie dokładnego nałożenia obrazu termowizyjnego na rzeczywisty dany obiekt może przyczynić się do lepszej oceny nie tylko energooszczędności budynków, lecz także diagnostyki maszyn cieplnych.

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono niektóre obecne i potencjalne zastosowania systemów rozszerzonej rzeczywistości w nauce, technice oraz przemyśle. Szybki rozwój tej technologii w ostatnich latach każe domniemywać, iż faktyczne sposoby wykorzystania drzemącego w niej potencjału ograniczone są jedynie możliwościami ludzkiej wyobraźni, a dopiero w następnej kolejności – możliwościami dzisiejszej techniki. Pomimo to przed omawianą technologią stoi jeszcze wiele wyzwań, głównie w zakresie cyfrowej obróbki i interpretacji obrazu. Dostrzec można jednak wyraźną tendencję do wspomagania osób pracujących w zawodach technicznych w wykonywaniu przez nie skomplikowanych zadań poprzez dostarczanie im

w sposób bieżący informacji niedostępnych w środowisku całkowicie rzeczywistym. Algorytmy udostępniania tych informacji nie są na razie powszechne, choć wydaje się to być tylko i wyłącznie kwestią czasu – kolejnym etapem rozwoju systemów AR.

LITERATURA

1. Azuma R.T., *A Survey of Augmented Reality. Teleoperators and Virtual Environments*, 1997.
2. Bimber O., Raskar R., *Spatial Augmented Reality – Merging Real and Virtual Worlds*, Wellesley, MA: A K Peters, 2005.
3. Filipkowski D., *Analysis of possible use of solutions defined as an augmented reality in marine navigation and sea transportation*, Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej, nr 191, Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte w Gdyni, Gdynia 2012, s. 33–40.
4. Filipkowski D., *See More – Analysis of Possibilities of Implementation AR Solutions During Bridge Watchkeeping*, Advances in Marine Navigation – Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, CRC Press, London 2013, p. 255–260.
5. Lewis J.R., *In the eye of the beholder*, IEEE Spectrum, 2004, <http://spectrum.ieee.org/biomedical/imaging/in-the-eye-of-the-beholder>, dostęp 27.11.2013.
6. Starner T. et al., *Augmented Reality Through Wearable Computing. The Media Library*, MA: Massachusetts Institute of Technology, Boston 1997.

PRESENT STATE AND PERSPECTIVES OF AUGMENTED REALITY SYSTEMS INDUSTRIAL APPLICATIONS

Summary

In this article, a review of some – present and future – applications of Augmented Reality (AR) systems is presented. AR are featured by: connecting real and virtual environment, real-time interactivity and providing user with 6 DOFs. It is a very perspective area of research and development, which results could be applied to almost every aspect of human life.

Keywords: augmented reality.