

Andrzej SZAJNA*, Janusz SZAJNA*, Roman STRYJSKI*,
Waldemar WOŹNIAK*

WPLYW NARZĘDZI ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI NA MONITOROWANIE I ZARZĄDZANIE PROCESAMI PRODUKCYJNYMI

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2018.078.14

Technologia rozszerzonej rzeczywistości (AR – *augmented reality*), nazywana również rzeczywistością mieszaną, umożliwia nakładanie wirtualnych obrazów komputerowych na widzianą rzeczywistość. W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania innowacyjnych narzędzi rozszerzonej rzeczywistości w przemyśle. Omówiono przykłady zarządzania procesem produkcyjnym oraz monitorowania linii produkcyjnej przy pomocy okularów AR, które pokazują użytkownikowi wszystkie potrzebne informacje przed oczami a sterowanie, tworzenie notatek czy raportów odbywa się za pomocą gestów i mowy.

Słowa kluczowe: rozszerzona rzeczywistość, monitorowanie, zarządzanie, procesy produkcyjne, okulary rozszerzonej rzeczywistości

1. WPROWADZENIE

Współczesne technologie wytwarzania, narastający stopień zautomatyzowania procesów produkcyjnych oraz wysoki poziom ich organizacji stawiają przed służbami organizacji i zarządzania produkcją coraz wyższe wymagania. Jedną z odpowiedzi na rosnące wymagania w obszarze kształtowania niezawodności produkcji jest powstawanie innowacji, nowych metod i technik wspomagających prace specjalistów z działów takich jak zarządzanie i utrzymanie produkcji (Sun, 2013). Jednym z narzędzi, które jest intensywnie badane i zaczyna być coraz częściej wprowadzane, w celu utrzymania efektywności i jakości procesów produkcyjnych, jest zastosowanie najnowszych technologii rozszerzonej rzeczywistości (AR – *augmented*

* Wydział Mechaniczny Uniwersytetu Zielonogórskiego.

reality). W referacie przedstawiono propozycje zastosowania tej techniki w procesach monitorowania oraz zarządzania liniami produkcyjnymi.

2. ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII RZECZYWISTOŚCI ROZSZERZONEJ DO MONITOROWANIA I ZARZĄDZANIA PROCESAMI PRODUKCYJNYMI

Zagadnienia związane z poprawnym funkcjonowaniem oraz efektywną diagnostyką procesów produkcyjnych stanowią istotny czynnik ekonomiczny we współczesnej, uprzemysłowionej gospodarce. Systemy monitorowania i zarządzania obiektami technicznymi znajdują zastosowanie zarówno w małych, średnich, jak i dużych przedsiębiorstwach. Rozwiązania tego typu pozwalają maksymalnie wykorzystać czas przydatności do użytku poszczególnych części, zoptymalizować terminy ich wymiany oraz sterować procesami związanymi z eksploatacją, co przekłada się na wymierne oszczędności finansowe, a w dalszej kolejności na kondycję finansową przedsiębiorstw. Ze względu na znaczne zróżnicowanie oraz złożoność procesów produkcyjnych, usprawnienie procesów monitorowania oraz wspomaganie personelu w zabiegach eksploatacyjnych jest problemem o wielopłaszczyznowej strukturze zadaniowej. Jednym z czynników wpływających na poprawę tej sytuacji jest gromadzenie wiedzy, na podstawie której opracowywane są określone strategie eksploatacyjne. Postęp w obszarze przetwarzania informacji umożliwia także opracowywanie coraz doskonalszych informatycznych technik diagnozowania, pozwalających na efektywną rejestrację i analizę sygnałów przy wyeliminowaniu czynnika ludzkiego, co zapewnia zwiększenie obiektywizmu otrzymywanych wyników.

W celu ułatwienia obserwowania poprawnego działania maszyn czy ciągów technologicznych oraz szybkiego identyfikowania działań, które odbiega od przyjętych limitów granicznych czy norm, inżynierowie nasycają linie produkcyjne różnego rodzaju czujnikami i urządzeniami pomiarowymi, które w sposób automatyczny rejestrują status danej maszyny czy obszaru fabryki. Wysyłają one wszystkie dane do centów zarządzania i utrzymania ruchu, które prezentowane są na odpowiednich do tego monitorach.

Bardzo częstym wymaganiem jest fizyczne przejście po linii produkcyjnej w celu dokonania inspekcji oraz dalszego zarządzania procesem produkcyjnym. Pojawia się problem, jak dane z czujników, prezentowane w centrum zarządzania i utrzymania ruchu, zaprezentować w optymalny sposób osobie dokonującej inspekcji. Wszelkiego rodzaju tablety spisują się dobrze – jeszcze niedawno były innowacją, ale czy optymalnie rozwiązują problem? Czy pozwalają inspektorowi wyświetlać te dane, które w danym momencie potrzebuje, bez ich wcześniejszego kliknięcia? Czy pozwalają wyświetlać dane w tym miejscu i dla tej maszyny, na

którą inspektor właśnie patrzy? Optymalnie byłoby móc zerknąć na maszynę i w tym momencie zobaczyć obok niej wszystkie potrzebne dane związane z zarządzaniem produkcją, czy predykcją serwisu. Taka interaktywna wizualizacja w znacznym stopniu poprawiłaby skuteczność prowadzonych działań.

Jedną z technik, dającą pożądaną interakcję prosto przed oczami użytkownika jest technologia rzeczywistości rozszerzonej (Łunarski 2001), która w znacznym stopniu wpływa na proces komunikacji człowiek–maszyna. Technologia ta charakteryzuje się tym, że na obraz fragmentu środowiska rzeczywistego nakładana jest projekcja generowanych komputerowo obiektów wirtualnych, a tak złożona wizualizacja prezentowana jest użytkownikowi systemu. Rzeczywistość rozszerzona ma swoje początki w technologiach wojskowych. Pierwsze prace nad jej wykorzystaniem (nie była jeszcze nazywana rzeczywistością rozszerzoną) prowadzono w latach 60. XX wieku, kiedy powstał pierwszy wyświetlacz typu HMD (*helmet-mounted display*) (Reifur, 2010). Po raz pierwszy nazwa „rzeczywistość rozszerzona” użyta została w latach 90. XX wieku przez naukowców pracujących dla firmy Boeing nad systemem wspomagającym identyfikację wiązek oraz pojedynczych przewodów elektrycznych w konstruowanych przez nich samolotach (Szmuc, 2010). Obecnie technologia ta znajduje coraz więcej zastosowań zarówno wojskowych, jak i cywilnych.

3. STRUKTURA I ZASADA DZIAŁANIA SYSTEMU WYKORZYSTUJĄCEGO TECHNOLOGIĘ RZECZYWISTOŚCI ROZSZERZONEJ

W ramach prac realizowanych w DTP Sp. z o.o. w Zielonej Górze oraz w Instytucie Informatyki i Zarządzania Produkcją na Uniwersytecie Zielonogórskim (UZ) opracowano systemy wykorzystujące technologię rozszerzonej rzeczywistości do wspomagania personelu technicznego w procesie monitorowania linii produkcyjnych i zarządzania utrzymaniem ruchu.

Przez zaimplementowanie w systemie funkcjonalności w postaci wymiennych instrukcji dostarczanych w trybie on-line, możliwe jest prowadzenie przez operatora systemu prac inspekcyjnych bez przeszkolenia oraz potrzeby korzystania z pomocy instruktora.

Głównymi elementami struktury opracowanego systemu są: serwer lub chmura, urządzenie projekcyjne, kamera cyfrowa rejestrująca obraz analogiczny do widzianego przez operatora systemu, komputer, autorskie oprogramowanie do przetwarzania i analizy obrazów, opcjonalny manipulator.

Urządzeniem projekcyjnym w zależności od wymagań operatora systemu może być tradycyjny monitor komputerowy, tablet lub okulary projekcyjne (Cakmakci, 2008). Prowadzone prace badawczo rozwojowe skupiły się na wykorzystaniu in-

nowacyjnych okularów AR, które jako jedyne dają opisany poziom elastyczności i interakcji. Okulary projekcyjne to, w uproszczeniu, dwa zminiaturyzowane ekrany zamontowane w obudowie, umożliwiającej noszenie ich przed oczami w sposób analogiczny do tradycyjnych okularów korekcyjnych lub przeciwsłonecznych.

Ponadto w skład struktury sprzętowej systemu wchodzi fragment infrastruktury sieci Internet, stanowiącej medium komunikacyjne operatora z danymi instruktażowymi.

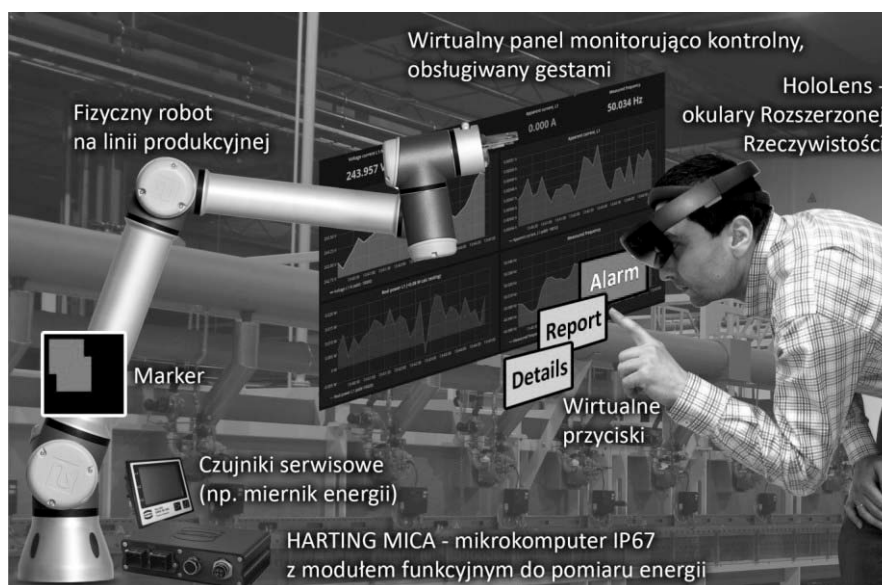
System działa w czasie rzeczywistym. Elementy wirtualne, generowane są przez autorskie oprogramowanie komputerowe na podstawie przygotowanej logiki, instrukcji cyfrowych i danych pozyskiwanych w czasie rzeczywistym z kamer i urządzeń pomiarowych. Obraz wyświetlany przez okulary wzbogacany jest obiektami wirtualnymi w postaci modeli 3D (Dugelay, 2008), znaczników i opisów, czy wirtualnych ekranów (dashboardów). Operator widzi dokładne dane serwisowe, instrukcje, lokalizacje i czynności konieczne do wykonania prac inspekcyjnych. Pozycje obiektów wirtualnych wyliczane są względem układów współrzędnych, których początki ustalają markery (Sun, 2011; Uchiyama, 2012) (specjalnie do tego celu przygotowane piktogramy) umieszczone na urządzeniu technicznym lub w ściśle określonej lokalizacji znajdującej się w pobliżu tego urządzenia. Oprogramowanie rozpoznaje dany marker w momencie, gdy użytkownik skieruje na niego wzrok. Markery mogą być zastąpione w przyszłości zaawansowanymi technikami rozpoznawania obrazu, wykorzystującymi sztuczną inteligencję (głębokie konwolucyjne sieci neuronowe), nad czym pracuje zespół DTP – UZ.

Algorytm wzbogacania obrazu rzeczywistego obiektami wirtualnymi jest następujący:

- akwizycja obrazu urządzenia technicznego z umieszczonymi na nim markerami,
- analiza zarejestrowanego obrazu w celu zlokalizowania markerów,
- wyliczenie współrzędnych markerów oraz ich orientacji względem kamery (operatora systemu),
- identyfikacja markerów przez porównanie ich z ustalonymi wzorcami,
- wyliczenie współrzędnych obiektów wirtualnych względem układów odniesienia i orientacji poszczególnych markerów,
- renderowanie obiektów wirtualnych na zarejestrowanym obrazie i wyświetlenie zmodyfikowanego obrazu.

Wynikiem działania algorytmu jest obraz maszyny lub ciągu technologicznego, wzbogacony obiektami wirtualnymi (rys. 1). Od strony oprogramowania informacyjnego system funkcjonuje według technologii klient–serwer. Oprogramowanie po stronie serwerowej składa się z serwera aplikacji, na którym osadzono program przeznaczony do synchronizacji danych instruktażowych ze stanem użytkowanego urządzenia technicznego, bazy danych oraz zbioru instrukcji dedykowanych dla wybranych procesów inspekcyjnych. Po stronie klienckiej umiejscowiony jest program prowadzenia instruktażu funkcjonujący w obrębie platformy prezentacyjno-komunikacyjnej, którą stanowi dedykowana aplikacja (lub przeglądarka internetowa w wersji *Cloud*). Konstrukcja taka ma tę zaletę w stosunku do rozwiązań

stacjonarnych, że użytkownicy mają dużą elastyczność w dostępie do systemu oraz przydzielanych im prac. System od strony programowej dostosowany jest również do pracy w chmurach obliczeniowych.



Rys. 1. Obrazy wirtualne (ekran, przyciski, podpowiedzi) nałożone na obraz rzeczywisty (zdjęcie)

4. METODA WSPOMAGANIA PROCESU INSPEKCJI I ZARZĄDZANIA PROCESEM PRODUKCYJNYM

Wspomaganie procesu inspekcji i zarządzania z wykorzystaniem opracowanego systemu realizowane jest po skierowaniu wzroku operatora na daną maszynę czy ciąg technologiczny i rozpoznaniu markera przez okulary. Następnie uruchamiana jest wizyjna prezentacja przed oczami operatora: ekranów z danymi utrzymania ruchu i funkcjonowania elementów składowych urządzenia, statusów ich wykorzystania, czasów przydatności do użytku poszczególnych części, przewidywanych, optymalnych terminów wymiany podzespołów, podpowiedzi opisowych w formie tekstowej, wartości pomiarowych, lokalizacji punktów pomiarowych, modeli 3D elementów składowych urządzenia oraz podpowiedzi dotyczących optymalnego zarządzania procesami związanymi z utrzymaniem ruchu i eksploatacją.

Metodyka zakłada również wykorzystanie systemu w takich obszarach zagadnień jak:

- rozpoznawanie stanu technicznego urządzenia (prowadzeniu diagnostyki technicznej i identyfikacji przyczyn ewentualnych awarii),
- naprawy (działania, których celem jest przywrócenie właściwości użytkowych urządzeniu, które uległo awarii, podczas których prowadzone są czynności związane z regeneracją lub wymianą uszkodzonych podzespołów),
- zabiegi konserwacyjne (czynności zalecane przez wytwórcę urządzenia technicznego mające na celu utrzymanie podzespołów urządzenia w stanie umożliwiającym jego bezawaryjne funkcjonowanie),
- szkolenie personelu technicznego (doskonalenie umiejętności i zdobywanie kwalifikacji niezbędnych do wykonywania prac związanych z montażem, rozpoznawaniem stanu technicznego, naprawą i konserwacją urządzenia technicznego).

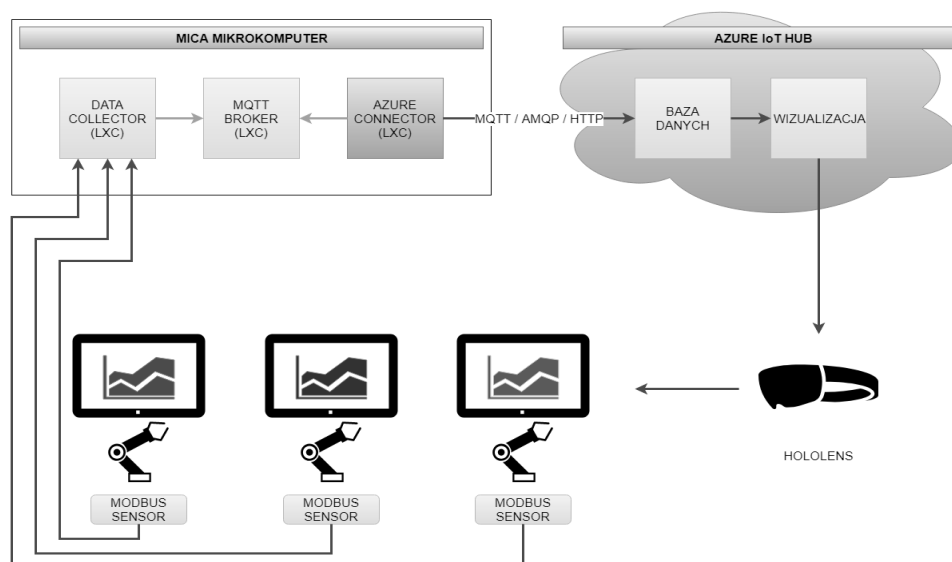
Wizualizacja realizowana jest poprzez urządzenie projekcyjne stanowiące fragment interfejsu komunikacyjnego użytkownika z systemem. Wybór rodzaju urządzenia projekcyjnego uzależniony jest od warunków, w jakich odbywa się użytkowanie systemu, złożoności planowanych czynności montażowych lub od indywidualnych preferencji operatora. W przypadku gdy operator podczas wykonywania prac powinien mieć pełną swobodę ruchów, najkorzystniejszym wyborem związanym z urządzeniem projekcyjnym są okulary projekcyjne, gdyż poza tym, że nie angażują rąk, nie wpływają również na ograniczenie jego mobilności, co jest korzystne w przypadku urządzeń o zwiększonych gabarytach.

Rozpoznawanie otoczenia i obrazu, w tym markerów, odbywa się za pomocą kamery lub zestawu kamer zamontowanych na konkretnym modelu okularów. Interakcja użytkownika z systemem odbywa się poprzez proste gesty lub mowę. Opcjonalny manipulator umożliwia użytkownikowi alternatywny sposób przemieszczanie się po kolejnych punktach przygotowanego programu czy instrukcji. Poszczególne punkty instrukcji mogą być wykonywane bez informacji zwrotnej o przebiegu wykonywanego procesu lub wymagać tego typu sygnałów. Do pobierania informacji zwrotnej wykorzystywany jest program synchronizacji danych wejściowych, który umiejscowiony jest w części serwerowej systemu. Program synchronizacji danych wejściowych odczytuje informacje o statusie procesu produkcyjnego na podstawie danych dostarczanych przez oprogramowanie systemu pomiarowego i umieszcza adekwatny wpis w bazie danych. Wpis ten odczytywany jest przez program interakcji z użytkownikiem, który wyświetla informacje wspomagające operatora (np. informacje o poprawności działania danej maszyny), umożliwiając przejście do kolejnego punktu instrukcji.

Elementy fizyczne oraz logiczne biorące udział w procesie inspekcji wpływają na decyzje podejmowane przez operatora. Operator na podstawie wyświetlanych danych na wirtualnych ekranach dokonuje interpretacji co do statusu inspekcji, po czym podejmuje decyzję, czy proces produkcyjny przebiega poprawnie czy potrzebne są drobne korekty procesu, bądź kompleksowe zarządzanie procesem produkcyjnym, w celu przesterowania produkcji, tak by utrzymać ruch.

5. PRZYKŁAD WYKORZYSTANIA ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI W MONITOROWANIU I ZARZĄDZANIU LINIĄ PRODUKCYJNĄ

Przykładem zastosowania AR w przemyśle jest monitorowanie linii produkcyjnej przez m.in. pomiary zużycia energii przez poszczególne części ciągu technologicznego. Odbywa się to z użyciem systemu DTPoland AR Energy 4.0, składającego się z mikrokomputera HARTING MICA Energy, chmury Microsoft AZURE i wizualizacji na okularach rozszerzonej rzeczywistości Microsoft HoloLens (rys. 2).



Rys. 2. Schemat monitoringu linii produkcyjnej szaf energetycznych przy pomocy technologii rzeczywistości rozszerzonej

Monitorowanie linii produkcyjnej jest codziennym, koniecznym zadaniem w każdej fabryce. W nowoczesnych fabrykach 4.0 odbywa się to z użyciem zaawansowanych systemów automatycznego monitorowania, ostrzegania i coraz częściej inteligentnego reagowania. Przeważnie jednak wymagana jest codzienna inspekcja wykonywana przez człowieka – wykwalifikowanego pracownika fabryki. W takim przypadku niezbędne jest jak najlepsze wspomaganie go systemami informatycznymi, z przejrzystymi interfejsami człowiek–maszyna. Znacznym ułatwieniem dla pracownika wykonującego przegląd są tablety, jednak w dalszym ciągu są one nieoptymalne i nieporęczne. W takiej sytuacji, nowoczesnym rozwiązaniem mogą być okulary Rozszerzonej Rzeczywistości, które pokazują użytkownikowi wszyst-

kie potrzebne dane przed oczami a sterowanie, tworzenie notatek czy raportów odbywa się za pomocą gestów i mowy.

Przykładem umożliwiającym bardzo przyjazne użytkownikowi monitorowanie linii produkcyjnej w fabryce 4.0 przy użyciu okularów do rozszerzonej rzeczywistości jest system DTPoland AR Energy 4.0 do wizualizacji parametrów energii elektrycznej pobieranej przez roboty i maszyny w fabryce.

System pozwala na umieszczenie wirtualnych ekranów (dashboardów) z wykresami obrazującymi jakość oraz pobór energii elektrycznej, bezpośrednio nad/obok/ przy robotach/maszynach, bez potrzeby montowania dodatkowych urządzeń do wizualizacji przy każdej ze stacji roboczej.

System składa się z trzech funkcjonalnych części:

- mikrokomputera HARTING MICA, wraz z podłączonymi do niego miernikami energii elektrycznej monitorującymi maszyny;
- chmury Azure IoT Hub, z bazą danych oraz aplikacją wizualizującą dane;
- okularów rozszerzonej rzeczywistości Microsoft HoloLens.

Przyjęto następujące założenia w stosunku do hardware'u mikrokomputera HARTING MICA:

- mierniki energii elektrycznej wykorzystują protokół MODBUS;
- mierniki podłączone są do magistrali szeregowej RS485;
- maksymalna liczba mierników, które mogą być podłączone do mikrokomputera MICA to 247;
- magistrala szeregowa RS485 na mikrokomputerze MICA realizowana jest przez moduł rozszerzający, zaprojektowany przez DTP i umożliwiający zapis i odczyt danych bezpośrednio z systemu operacyjnego;
- dodatkowo moduł rozszerzający MICA (FM board) tworzy 8 wirtualnych urządzeń MODBUS, odpowiadających 8 wejściom na impulsowe mierniki energii elektrycznej S0.

Architektura oprogramowania mikrokomputera HARTING MICA opiera się na systemie Linux, w którym moduły funkcjonalne uruchomione są za pomocą metody wirtualizacji LXC (*operating-system-level virtualization method for running multiple isolated Linux systems (containers)*) jako separowane mikro serwisy (ang. *microservices*).

System DTPoland AR Energy 4.0 używa trzech mikro serwisów na mikrokomputerze HARTING MICA:

1. Data Collector – oprogramowanie, które pobiera dane z mierników energii elektrycznej (zgodnie z zadaną konfiguracją) oraz wysyła dane do kolejnego kontenera po protokole MQTT;

2. MQTT broker – oprogramowanie, służące do przesyłania dowolnych danych między urządzeniami/między oprogramowaniem nadającym (*publisher*) a odbierającym (*subscriber*);

3. Azure connector – oprogramowanie odbierające dane od brokera MQTT i transmitujące te dane do chmury Azure IoT Hub.

Dane przesyłane między kontenerami to odpowiednio sformatowane (przy pomocy standardu JSON) informacje o mierzonych wartościach dostarczanych przez mierniki.

Po stronie chmury Azure IoT Hub System składa się z dwóch komponentów:

- bazy danych przechowującej mierzone wartości, każdy rekord bazy danych (wiersz) opatrzony jest znacznikiem czasu;
- oprogramowania wizualizującego pobierające dane do wykresów z bazy danych i wyświetlającego dashboardy w formie aplikacji HTML.

Okulary rozszerzonej rzeczywistości Microsoft HoloLens pozwalają na sterowanie za pomocą gestów wizualizacją wirtualnych ekranów (dashboardów).

Oprogramowanie stworzone na okulary Microsoft HoloLens w oparciu o produkt Unity 3D tj. silnik do tworzenia gier i aplikacji trójwymiarowych oraz język programowania C# pozwala na komunikację z systemem do wizualizacji zainstalowanym w chmurze Azure. Dzięki zastosowanym zaawansowanym technikom do rozpoznawania lokacji przestrzennej i rozpoznawania obrazu system łączy elementy rzeczywiste tj. roboty w fabryce z danymi do prezentacji pobranymi z chmury Azure i wyświetla je obok tychże rzeczywistych urządzeń. System umożliwia także przedstawienie aktualnych lub archiwalnych parametrów i charakterystyk poszczególnych wielkości mierzonych w formie wykresów. Dodatkowo możliwe jest przeglądanie zarejestrowanych stanów alarmowych, ich konfiguracja jak i konfiguracja całego urządzenia.

6. PODSUMOWANIE

Zaprezentowane w artykule rozwiązanie obejmujące metodykę oraz system wizyjnego wspomaganie procesu montażu, wykorzystujący technologię rzeczywistości rozszerzonej, stanowi znaczący krok w kierunku usprawnienia interakcji człowieka z maszyną. Dzięki wykorzystaniu zaproponowanego rozwiązania możliwe jest skrócenie czasu wykonywanych czynności (w szczególności inspekcji złożonych urządzeń technicznych), zredukowanie kosztów związanych ze szkoleniem personelu technicznego, zredukowanie kadry pracowniczej przez poszerzenie zakresu wykonywanych prac przez pojedynczą osobę oraz wspomaganie prowadzenia szkoleń w zakresie złożonych czynności inspekcyjnych. Wykorzystanie opracowanego systemu w warunkach przemysłowych może mieć znaczący wpływ na zarządzanie całym procesem produkcyjnym, zapewnienie utrzymania ciągłości produkcji poprzez zredukowanie zagrożeń związanych z niedyspozycją części personelu, w szczególności w zakładach zatrudniających niewielką liczbę osób a wytwarzających szeroki asortyment produktów. Pomoże też maksymalnie wykorzystać czas przydatności do użytku poszczególnych części maszyn, zoptymalizować terminy ich wymiany oraz sterować procesami związanymi z eksploatacją.

Opracowane rozwiązanie ma charakter otwarty, co oznacza, że system i zaproponowana metoda mogą być uzupełniane nowymi elementami oraz danymi instruktażowymi, jak również możliwe jest wykorzystanie rozwiązania w innych obszarach zastosowań, jak bieżąca obsługa urządzeń technicznych lub ich naprawa.

LITERATURA

- Burdea, G.C., Coiffet, P. (2003). *Virtual Reality Technology*. Second Edition, Wiley-IEEE Press.
- Cakmakci, O., Rolland, J. (2006). Head-Worn Displays. *Journal of Display Technology: A Review*, 2.
- Dugelay, J.L., Baskurt, A., Daoudi, M. (2008). *3D Object Processing, Compression, Indexing and Watermarking*. Wiley.
- Haller, M. (2006). *Emerging Technologies of Augmented Reality*. Hershey USA: Idea Group Publishing.
- Łunarski, J. (2000). O problemach elastycznego montażu. *Technologia i Automatykacja Montażu*, 4.
- Ma, D., Gausemeier, J., Fan, X., Grafe, M. (2011). *Virtual Reality & Augmented Reality in Industry*. Londyn: Springer.
- Meni, E. (2006). Boeing's working on augmented reality which could change space training ops. *Boeing Frontiers*, 10.
- Mittal, S. (2017). *Powering the industry 4.0 revolution in manufacturing with Windows 10 and Microsoft Cloud*. Windows Industry Lead, 2017.04.24.
- Mourtz Mourtzis, D., Vlachou, E., Zogopoulos, V., Fotini, X. (2017). Integrated Production and Maintenance Scheduling Through Machine Monitoring and Augmented Reality: An Industry 4.0 Approach. In: H. Lödding, R. Riedel, KD. Thoben, G. von Cieminski, D. Kiritsis (eds.). *Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing. APMS 2017. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 513. Springer, Cham.
- Rash, C.E. (2009). *Helmet-mounted displays: sensation, perception, and cognition issues*. U.S. Army Aeromedical Research Laboratory.
- Reifur, B. (2010). Problemy technologiczne w połączeniach montażowych mini- i mikroproduktów. *Technologia i Automatykacja Montażu*, 4.
- Szmuc, T. (2001). *Modele i metody inżynierii oprogramowania systemów czasu rzeczywistego*. Kraków: Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH.
- Sun, R., Sui, Y., Li, R., Shao, F. (2011). *The Design of a New Marker in Augmented Reality*. IPEDR 4, IACSIT Press, Singapore.
- Uchiyama, H., Marchand, E. (2012). *Object detection and pose tracking for augmented reality: Recent approaches* 18th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV).
- Wójcicki, T. (2013). Wizyjne wspomaganie procesu montażu. *Technologia i Automatykacja Montażu*, 3, 14-18.

- Yu, D., Sheng, Jin J., Luo, S., Lai, W., Huang, Q. (2010). *A Useful Visualization Technique: A Literature Review for Augmented Reality and its Application, limitation & future direction*. Visual Information Communication. Springer.
- Zhou, F., Duh, H.B.L., Billinghurst, M. (2008). *Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR*. IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality 15-18, Cambridge, UK.

IMPACT OF AUGMENTED REALITY TOOLS ON MONITORING AND MANAGING PRODUCTION PROCESSES

Summary

Augmented reality (AR) technology, also known as mixed reality, allows to enhance the seen reality with additional, virtual objects, displayed right in front of the user's eyes. The article presents the concept of using Augmented Reality glasses in the production environment. Examples are given, showing how to monitor and manage the production line with the usage of AR glasses, which show the user all the needed info right in front of user's eyes. System operation, creation of notes or reports is handled by simple gestures or speech. Additionally, the article touches the topic of Artificial Intelligence (AI) which will allow the system in the future to have not only the pre-defined, hard coded instructions, but also the flexibility to give different hints to the user based on a different situation observed.

Keywords: augmented reality, monitoring, inspection and managing of the production line, AR glasses

