

KSZTAŁTOWANIE SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI

Dariusz PLINTA, Luboslav DULINA

Streszczenie: Aktualne wymagania związane z projektowaniem nowych lub doskonaleniem istniejących systemów produkcyjnych są efektem ciągłych i szybkich zmian w gospodarce. Klasyczne podejścia do projektowania systemów produkcyjnych muszą zostać rozszerzone o zaawansowane technologie, takie jak rzeczywistość wirtualna i rozszerzona, symulacja komputerowa, inżynieria odwrotna itp. W artykule przedstawiono nowe wymienione wyżej technologie komputerowe, które znajdują zastosowanie w praktyce produkcyjnej. Szczególną uwagę zwrócono na technologię rozszerzonej rzeczywistości, która przykładowo ułatwia projektowanie nowych stanowisk, wykonywanie skomplikowanych operacji, kompletowanie części w magazynach, czy wizualizację planowanych zmian organizacji stanowisk pracy.

Słowa kluczowe: doskonalenie produkcji, rozszerzona rzeczywistość

1. Wprowadzenie

Współczesny rynek wymaga od producentów coraz szybszej realizacji zamówień, niskich kosztów i wysokiej jakości produktów. Wymogi te stwarzają potrzebę stosowania nowych technologii informatycznych wspomagających w coraz szerszym zakresie funkcjonowanie przedsiębiorstw produkcyjnych. Ułatwiają one nie tylko gromadzenie i przetwarzanie danych, ale stają się one bazą wiedzy wielu ekspertów, która staje się dostępna dla wszystkich użytkowników w firmie [6].

Współczesne środowisko konkurencyjne firm wymaga wykorzystania nowych systemów informatycznych wspomagających projektowanie, testowanie, planowanie procesów, wytwarzanie części i montaż wyrobów finalnych. Dominuje przekonanie, że najnowsze systemy informatyczne pozwalają osiągnąć wyższą jakość, elastyczność, szybkość i wydajność. Można to osiągnąć dzięki równoczesnej realizacji różnych prac projektowych, modelowaniu i testowaniu różnych możliwych wariantów realizacji produkcji pod kątem skracania cykli produkcyjnych, zmniejszania kosztów wytwarzania, czy stosowania różnych praktyk związanych z doskonaleniem produkcji jak np. Lean Manufacturing. Takie rozwiązania pozwalają na szybką identyfikację potencjalnych problemów i eliminację ich negatywnych konsekwencji dla organizacji.

Podstawowym elementem systemów produkcyjnych jest pracownik i jego możliwości dotyczące wykonywanej pracy. Jego siła robocza jest sumą fizycznych i umysłowych zdolności. Natomiast celem działań związanych z kształtowaniem systemów produkcyjnych jest przede wszystkim dostosowanie stanowisk pracy do możliwości pracownika biorąc pod uwagę wszystkie fizjologiczne i psychologiczne aspekty pracy. Kształtowanie systemów produkcyjnych coraz częściej jest również wspomagane narzędziami digitalnej fabryki, w tym rozszerzonej rzeczywistości.

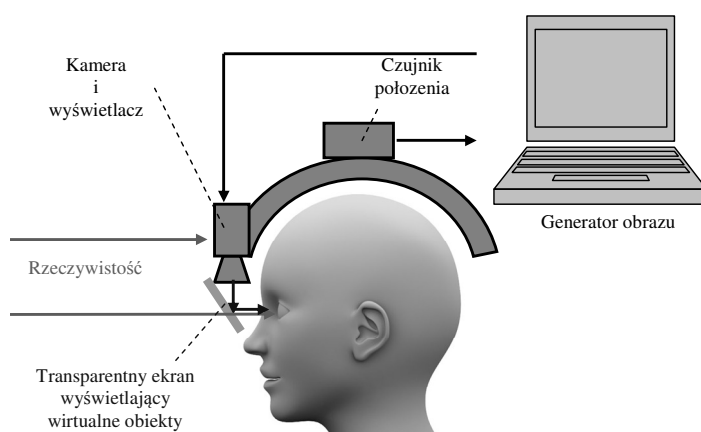
2. Rozszerzona rzeczywistość

Rozszerzona rzeczywistość (Augmented Reality – AR) jest najszybciej rozwijającą się częścią wirtualnej rzeczywistości. Podstawą rzeczywistości rozszerzonej jest możliwość łączenia elementów świata rzeczywistego i wirtualnego w jeden obraz [1, 8, 13]. Rozszerzona rzeczywistość to technologia oparta na ludzkiej percepcji wzrokowej. Kombinacja obiektów rzeczywistych i wirtualnych umożliwia przekazanie użytkownikowi wielu dodatkowych informacji. Warunkiem stosowania tej technologii jest zachowanie połączenia użytkownika z rzeczywistym środowiskiem.

W rzeczywistości wirtualnej tworzony jest model rzeczywistego systemu produkcyjnego, który może być wykorzystany jako podstawa do stworzenia rzeczywistości rozszerzonej. W drugiej wymienionej technologii (AR) nie zastępujemy całkowicie świata rzeczywistego, ale tylko wybrane obiekty analizowanego środowiska rzeczywistego. Obraz może być wygenerowany za pomocą monitora i kamery lub wyświetlacza umieszczonego na głowie użytkownika [2, 12]. W praktyce stosowane są dwa następujące rozwiązania systemów rozszerzonej rzeczywistości:

1. Systemy wykorzystujące czujniki położenia i transparentny wyświetlacz.
Czujnik położenia wysyła informacje o pozycji i kierunku patrzenia użytkownika. Na podstawie tych informacji generator scen 3D tworzy obraz wirtualnych obiektów znajdujących się w polu widzenia użytkownika, który jest wyświetlany na transparentnych okularach, przez które użytkownik widzi rzeczywistą scenę.
2. Przechwytywanie rzeczywistego obrazu za pomocą kamery w celu identyfikacji znaczników wskazujących położenie wirtualnych obiektów.

Kamera wideo przechwytuje rzeczywisty obraz, który przesyłany jest do komputera. Oprogramowanie na komputerze rozpoznaje zdefiniowane znaczniki, oblicza współrzędne ich położenia względem kamery i przypisuje do nich obraz wirtualnego obiektu, a następnie wyświetla wynikowy obraz będący połączeniem rzeczywistej sceny z wirtualnymi obiektami.



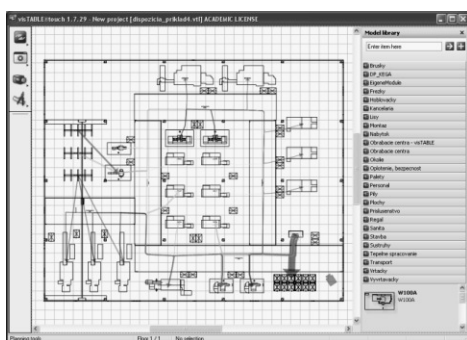
Rys. 1. Podstawowe elementy systemu rozszerzonej rzeczywistości

3. Tworzenie rzeczywistości wirtualnej

Wirtualny model systemu produkcyjnego można utworzyć przy użyciu różnych programów CAD lub specjalnych aplikacji dedykowanych do tego celu, takich jak CeitTable [4]. Wirtualny model systemu produkcyjnego można stworzyć w następujących krokach:

1. Przygotowanie obiektów 2D/3D
 - Wykorzystanie bibliotek obiektów 2D/3D zastosowanego oprogramowania – biblioteki tego typu programów są ciągle uzupełniane i rozszerzane o nowe obiekty.
 - Opracowanie nowych modeli 3D za pomocą metod inżynierii odwrotnej i technologii skanowania laserowego 3D.
 - Tworzenie nowych modeli za pomocą aplikacji CAD.
2. Modelowanie systemu produkcyjnego
 - Definiowanie obszaru hali produkcyjnej.
 - Kopiowanie obiektów z biblioteki do utworzonego modelu hali produkcyjnej.
 - Zdefiniowanie powiązań transportowych między stanowiskami pracy.
3. Optymalizacja rozmieszczenia stanowisk pracy
 - Analiza wykresu Sankeya.
 - Analiza wykresu intensywności-odległości.
 - Analiza przepływów materiałowych.
 - Analiza bezpieczeństwa pracy.
4. Wizualizacja systemu produkcyjnego
 - Układ 2D lub 3D systemu produkcyjnego prezentowany na monitorze komputera lub za pomocą technologii wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości.

Na początku procesu modelowania należy przygotować makiety maszyn i obiektów stanowiących wyposażenie stanowisk pracy i stworzyć pierwsze (idealne) ustawienie (rys. 2). Pierwszy opracowany wariant w kolejnym kroku może zostać uzupełniony obiektami związanymi z przepływem materiału między stanowiskami pracy (pojazdy, podajniki, suwnice, pojemniki, regały, magazyny, itp.). Rozmieszczenie takich obiektów należy opracować na podstawie diagramu przepływu materiałów.



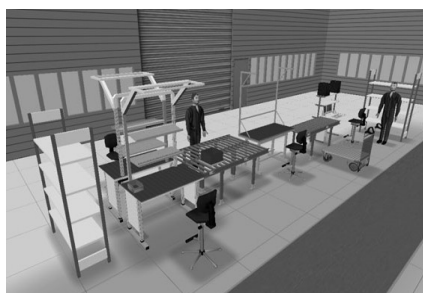
Model 2D



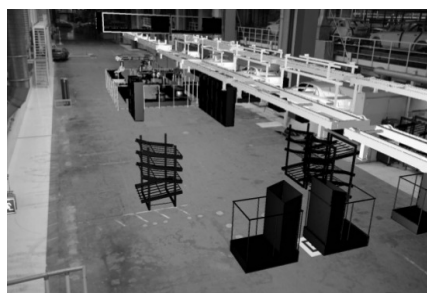
Model 3D

Rys. 2. Wirtualny model rzeczywistego system produkcyjnego

Źródło: [11]



Wirtualna rzeczywistość – komputerowo zamodelowane środowisko pracy



Rozszerzona rzeczywistość – kombinacja rzeczywistego środowiska z wirtualnymi obiektami

Rys. 3. Różnica między wirtualną i rozszerzoną rzeczywistością
Źródło: [11]

Wynikiem opisanych działań jest realistyczny wirtualny model hali produkcyjnej lub wybranych stanowisk pracy, który uwzględnia istniejące ograniczenia przestrzenne analizowanego systemu produkcyjnego przedstawione za pomocą modelu 2D lub 3D. Kolejnym krokiem coraz częściej jest tworzenie połączeń między wirtualnym a rzeczywistym środowiskiem, czyli uzyskanie rozszerzonej rzeczywistości – rys. 3.

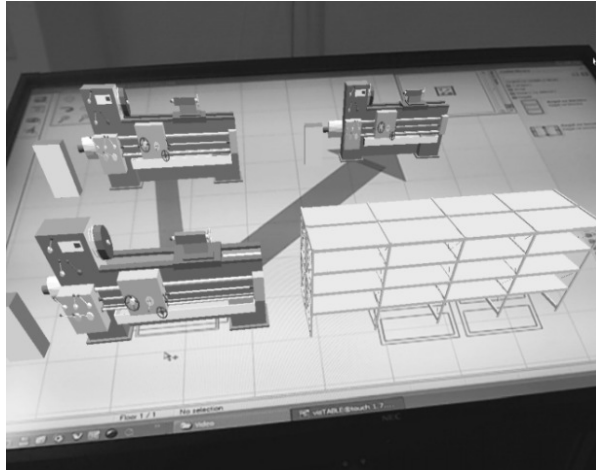
4. Przykłady modelowania przestrzennego systemów produkcyjnych związanego z wykorzystaniem technologii rozszerzonej rzeczywistości

W Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej wspólnie z uczelniami w Żylinie i Pilźnie prowadzone są badania związane z rozwojem koncepcji digitalnej fabryki [4, 7, 11]. Przedstawione poniżej przykłady związane są z projektami realizowanymi w wymienionych uczelniach.

Opisane poniżej przykłady wykorzystania rozszerzonej rzeczywistości w kształtowaniu systemów produkcyjnych głównie koncentrują się na stosowaniu systemów rzeczywistości rozszerzonej opartych na znacznikach ulokowanych w określonych miejscach rzeczywistego systemu, które są identyfikowane za pomocą kamery i na podstawie których określana jest pozycja użytkownika i jego orientacja w zamodelowanej przestrzeni systemu produkcyjnego [5, 10].

4.1. Projektowanie rozmieszczenia stanowisk pracy

Pierwszy przykład jest związany z wykorzystaniem interaktywnego systemu projekcyjnego stworzonego na Uniwersytecie w Żylinie, który opiera się na trójwymiarowej prezentacji hal produkcyjnych za pomocą systemu CEIT-Table. System służy do wizualizacji systemu produkcyjnego na ekranie monitora lub projektora. Jest to rzut modelu 3D na płaszczyznę. Wykorzystując markery wygenerowany obraz hali można wzbogacić modelami 3D maszyn umieszczanych bezpośrednio nad ekranem. Modele 3D wylaniają się z schematu rozmieszczenia stanowisk, co przedstawiono na rysunku 4. Za pomocą znaczników umieszczonych na schemacie hali produkcyjnej narysowanej w systemie CEIT-Table określana jest lokalizacja i orientacja maszyn. System nie wymaga dodatkowego projektora danych wyświetlającego zaprojektowany system produkcyjny.



Rys. 4. Wizualizacja systemu produkcyjnego z użyciem technologii rozszerzonej rzeczywistości i systemu CEIT-Table
Źródło: [10]

System produkcyjny zaprojektowany za pomocą systemu CIET-Table, można również przedstawić za pomocą okularów do rozszerzonej rzeczywistości w rzeczywistym środowisku hali produkcyjnej. Pokazując wirtualne obiekty w rzeczywistym środowisku, możemy dokonać obserwacji i analizy systemu produkcyjnego w celu identyfikacji możliwych problemów organizacyjnych i oceny ostatecznej pozycji poszczególnych stanowisk pracy w halach produkcyjnych. Wykorzystując tego typu narzędzia, można znaleźć możliwe kolizje z innymi obiektami ulokowanymi w hali produkcyjnej, w tym z urządzeniami zasilającymi, z innymi maszynami produkcyjnymi, z systemem transportu wewnątrzzakładowego oraz potencjalne problemy związane z instalowaniem nowych maszyn i urządzeń, itp.

4.2. Ocena ergonomiczna stanowisk pracy

Rzeczywistość rozszerzona i wirtualna rzeczywistość są również skutecznymi narzędziami wspomagającymi analizy związane z projektowaniem pojedynczych stanowisk pracy zgodnych z wymogami bezpieczeństwa pracy i ergonomii. Wymienione technologie są już z powodzeniem stosowane w następujących obszarach:

- zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy,
- ocena obciążenia pracowników podnoszących ciężkie przedmioty,
- ocena pracy z monitorami komputerowymi,
- szkolenia na temat stosowania ochrony osobistej,
- instruowanie pracowników w zakresie obsługi maszyn i narzędzi,
- projektowanie stanowisk pracy.

Odpowiednio zaprojektowane miejsce pracy pozwala pracownikowi wykonywać pracę w bardziej efektywny sposób. W sytuacjach zmian popytu należy elastycznie reagować na potrzeby klientów. Z tego powodu konieczne jest ciągle przebudowywanie i zmienianie istniejących stanowisk obróbczych i montażowych w celu usprawnienia procesu pracy

z jednoczesnym poprawianiem warunków pracy, co można przetestować w wirtualnej rzeczywistości.

Wirtualny system do oceny ergonomicznej stanowisk pracy to system wykorzystujący odpowiednio dobrany sprzęt i oprogramowanie. Natomiast realizacja projektów związanych z kształtowaniem warunków na stanowiskach prac obejmuje najczęściej następujące etapy:

1. Transfer modelu 3D stanowiska pracy do aplikacji rozszerzonej rzeczywistości VR oraz dopracowanie wyglądu obiektów 3D poprzez zastosowanie różnych technik poprawy strony wizualnej generowanej sceny, takich jak nakładanie tekstur, dodanie efektów świetlnych, odbić itp.
2. Programowanie zachowań obiektów - ruch stanowi reakcję na zdarzenie inicjowanie przez użytkownika (kliknięcie myszą, naciśnięcie klawisza klawiatury, wejście do zdefiniowanej strefy kolizji) lub zdarzenie inicjowane przez inny obiekt.
3. Tworzenie interfejsu użytkownika - interfejs systemu opartego na rozszerzonej rzeczywistości musi być intuicyjny i umożliwiać łatwe uruchamianie wszystkich niezbędnych funkcji wirtualnego modelu.
4. Testowanie aplikacji - weryfikacja analizowanego miejsca pracy i ewentualne usprawnienia.
5. Zastosowanie w praktyce - stworzona aplikacja może być wykorzystana w praktyce produkcyjnej, ale również w szkoleniach przyszłych operatorów logistycznych, co skróci czas potrzebny do przygotowania operatora do bezpiecznej i wydajnej pracy w nowym miejscu pracy.



Rys. 5. Ocena ergonomii stanowiska pracy z wykorzystaniem systemu CERAA
Źródło: [14]

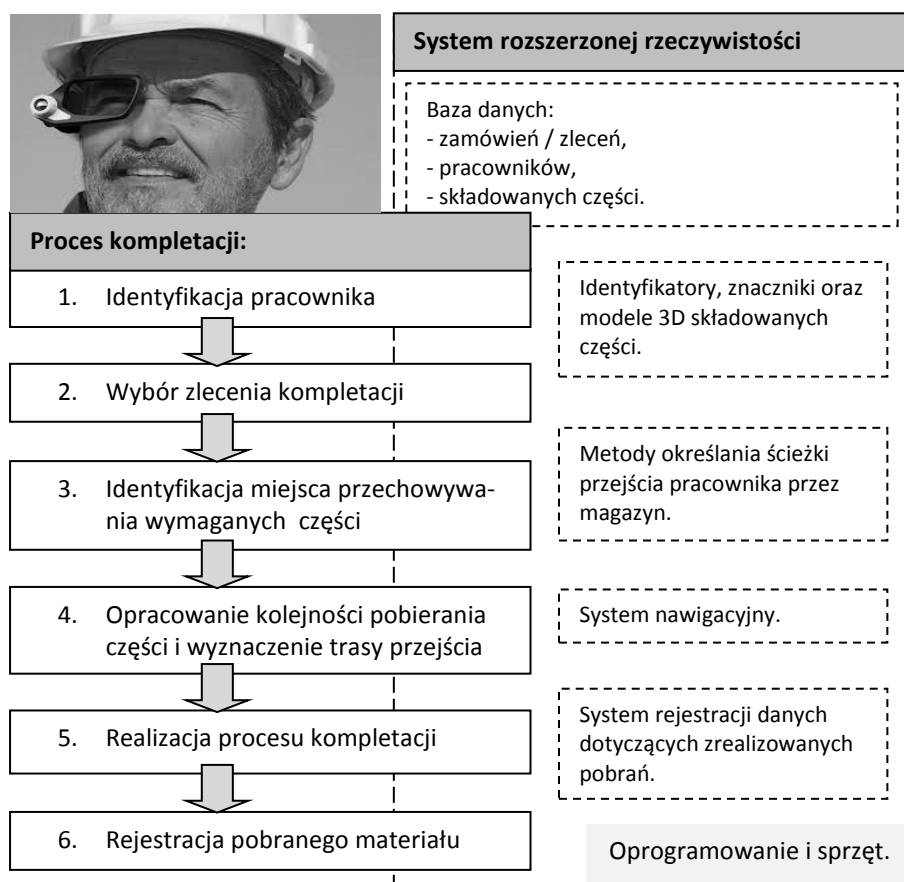
Współczesne technologie informacyjne dają nam szereg możliwości realizacji wyżej wymienionych etapów realizacji projektów związanych kształtowaniem stanowisk pracy. Takie analizy można przeprowadzać za pomocą różnych programów, takich jak na przykład Delmia i Tecnomatix. Technologie te są stale rozwijane pod kątem nowych praktycznych zastosowań. Przykładem jest rozwijany przez firmę CEIT system CERAA – system wspomagający analizy i ocenę ergonomii stanowisk pracy (rys. 5). Tego typu

narzędzia są bardzo pomocne, ponieważ przede wszystkim zwiększają zakres badań możliwych do wykonania w krótszym czasie [3, 9].

4.3. Proces kompletowania części

Kolejny przykład dotyczy zastosowania opisywanych technologii, jako narzędzia poprawiającego organizację pracy w magazynach, w których występuje kompletowanie części. Zwłaszcza w przypadku dużej ilości części proces ten może być wspomagany komputerowymi systemami z rozszerzoną rzeczywistością. Działanie takich systemów najczęściej wiąże się z realizacją następujących kroków (rys. 6 i 7) [5, 10]:

1. Identyfikacja pracownika - pracownik loguje się do systemu potwierdzając swoją tożsamość.
2. Wybór zlecenia kompletacji – wybór z listy zleceń wygenerowanej na podstawie złożonych w firmie zamówień.
3. Identyfikacja miejsca przechowywania każdej wymaganej części - określenie dokładnej lokalizacji części i podanie współrzędnych miejsc ich składowania względem określonego punktu odniesienia np. pozycji pracownika w magazynie.



Rys. 6. Proces kompletacji części oparty na systemie rozszerzonej rzeczywistości

4. Opracowanie kolejności pobierania części dla wybranego zlecenia i wyznaczenie trasy przejścia przez magazyn - na podstawie listy pobieranych części tworzona jest lista kolejności pobrań według określonej reguły, na przykład najkrótszą ścieżką.
5. Realizacja procesu kompletacji - proces zbierania części.
6. Rejestracja pobranego materiału - aktualizacja aktualnego stanu zapasów.

Generalnie proces kompletacji części z wykorzystaniem rozszerzonej rzeczywistości wiąże się z dodatkowymi działaniami, takimi jak:

1. Przetwarzanie informacji dotyczących złożonych zamówień i przechowywanych materiałów z wykorzystaniem systemu WMS.
2. Wyodrębnianie informacji dotyczących kompletowanych części, w tym kodów identyfikujących znaczniki wszystkich zamówionych pozycji.
3. Określanie położenia i wybór znaczników nawigacyjnych w celu ustalenia kierunku przejścia przez magazyn.
4. Generowanie informacji dla systemu nawigacji.
5. Przygotowywanie okularów do rozszerzonej rzeczywistości i uruchomienie systemu.
6. Wykorzystanie środków technicznych systemu rozszerzonej rzeczywistości podczas kompletacji.
7. Gromadzenie danych o zrealizowanych zleceniach.



Rys. 7. Pobieranie części z wykorzystaniem systemu rozszerzonej rzeczywistości
Źródło: [5]

Zastosowanie technologii rozszerzonej rzeczywistości w procesie kompletacji daje możliwość wyeliminowania błędów powstających w szczególności przy pobieraniu różnych przedmiotów w różnych ilościach z różnych regałów.

5. Podsumowanie

Szybki rozwój technologii komputerowych i łączenie różnych metod analizy w zaawansowanych aplikacjach informatycznych znacząco wspiera proces projektowania i umożliwia testowanie różnych rzeczy w środowisku wirtualnym. Daje nam to możliwość zaoszczędzenia wydatków na prototypowanie i wdrażanie działań naprawczych spowodowanych błędnymi decyzjami, które pojawiają się na etapie projektowania. Rozszerzenie wykorzystania nowoczesnych technologii na prawie wszystkie obszary działalności gospodarczej doprowadziło do zdefiniowania koncepcji cyfrowej fabryki.

Zaprezentowane w artykule praktyczne przykłady badań pokazują możliwości powiązania tradycyjnych podejść i metod projektowania produkcji i organizacji procesów produkcyjnych (przygotowanie i analiza danych wejściowych, wykorzystanie algorytmów optymalizacyjnych) z nowymi technologiami przetwarzania danych cyfrowych (technologia wirtualna i technologia rzeczywistości rozszerzonej) oraz metodologią do projektowania i wizualizacji systemów produkcyjnych.

Literatura

1. Azuma R.T.: A Survey of Augmented Reality. [online] Teleoperators and Virtual Environments 6, 355-385, 1997.
2. Bajana J.: Innovative presentation of information using augmented reality. In. Advanced Industrial Engineering, pp. 155-170, FCNT, Bielsko-Biała, 2013.
3. Dulina L., Smutná M.: Methods and software support in industrial ergonomics. Slovenská ergonomická spoločnosť (SES), Zilina 2010.
4. Furmann R., Krajčovič M.: Interactive 3D Design of Production Systems. In: Digital Factory 2009 – Workshop Handbook, SLCF, Zilina, 2009.
5. Gabajová G., Krajčovič M., Plinta D.: Navigation with augmented reality. In. InvEnt 2013 – modern technologies - way to higher productivity. Žilinská Univerzita v Žiline. EDIS, Žilina 2013.
6. Gregor M., Medvecký Š., Mičieta B., Matuszek J., Hrčková A.: Digital Factory. KRUPA print, Zilina, 2007.
7. Gregor M., Plinta D., Furman R., Štefánik A.: Digital factory – 3d laser scanning, modelling and simulation of production processes. In. Metody i techniki zarządzania w inżynierii produkcji, Bielsko-Biała, 2011.
8. Haas W.: AK-Digitale Fabrik. Bericht Roadmap. Audi, Ingolstadt, 2004.
9. Januszka M.: Projektowanie ergonomiczne z zastosowaniem technik poszerzonej rzeczywistości. In. XI Forum Inżynierskiego ProCAX, 2-4.10.2012.
10. Mirandová G., Gabaj I.: Use of augmented reality in storing and picking components from warehouse. In. Metody i techniki zarządzania w inżynierii produkcji, Bielsko-Biała, 2011.
11. Plinta D., Krajčovič M.: Production systems designing with the use of digital factory and augmented reality technologies. In: Progress in automation, robotics and measuring techniques : control and automation. Eds.: Szewczyk R., Zieliński C., Kaliczyńska M., Springer, Cham, Heidelberg 2015.
12. Pomietlorz-Loska M., Zemczak M.: Systemy rozszerzonej rzeczywistości jako narzędzie doskonalenia procesów pobierania i kompletacji. W. Inżynieria produkcji - kształtowanie procesów wytwarzania, Wydawnictwo Naukowe Akademii Techniczno-Humanistycznej, Bielsko-Biała 2018.

13. Westkaemper E., Bischoff J., Von Biel R., Duerr M.: Factory Digitalizing –An adapted approach to a digital factory planning in existing factories and buildings, Werkstattstechnik, 91, 2001.
14. www.edu4industry.eu

Dr hab. inż. Dariusz PLINTA, prof. ATH
Dr hab. inż. Ľuboslav DULINA
Katedra Inżynierii Produkcji
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2
tel.: +48 33 8279 234
e-mail: dplinta@ath.bielsko.pl
ldulina@ath.bielsko.pl