

UNIwersytet Zielonogórski

Wydział Mechaniczny  
Instytut Inżynierii Mechanicznej  
Dyscyplina Naukowa: Inżynieria Mechaniczna

# Rozprawa doktorska

mgr inż. Andrzej Szajna

**Wykorzystanie narzędzi rzeczywistości rozszerzonej  
do usprawnienia zarządzania procesami produkcyjnymi**

Promotor  
dr hab. inż. Roman Stryjski, prof. UZ

ZIELONA GÓRA, 2023 r.

## Streszczenie

Cyfryzacja środowiska produkcji, zwana Przemysłem 4.0 jest jednym z najatrakcyjniejszych, aktualnie zgłębianych tematów. Pierwszą z interesujących technologii jest rozszerzona rzeczywistość (*ang. Augmented Reality, AR*), która w ostatnich latach nabrała tempa rozwoju po wprowadzeniu okularów AR przez firmy Google i Microsoft. Okulary AR to bezprzewodowe, przezroczyste okulary, zapewniające naturalny interfejs człowiek-maszyna poprzez prezentację informacji bezpośrednio przed oczyma użytkownika w formie wirtualnych obiektów 3D nałożonych na obraz świata rzeczywistego. Drugim obszarem dotyczącym rozprawy doktorskiej jest sztuczna inteligencja (*ang. Artificial Intelligence, AI*) w najnowszym wydaniu, związanym z przełomem z 2012 r., czyniącym głębokie sieci neuronowe krytycznym komponentem Informatyki. Nieliczne są prace naukowe nad połączeniem AR z rozpoznawaniem obrazów i AI dla celów przemysłowych, jednak zauważa się ogromną potrzebę w zakresie rozwoju takiego konglomeratu technologii.

Dla wybranych manualnych procesów produkcyjnych zaobserwowano problem związany z brakiem ergonomicznych narzędzi wsparcia pracownika produkcji, przekazujących odpowiednie dane w sposób automatyczny. Wybrane procesy to: technologiczny - montaż przewodów w szafie sterowniczej, pomocniczy - utrzymanie ruchu, a dokładnie inspekcja linii produkcyjnej i kontrolny - kontrola jakości wytłoczek motoryzacyjnych. Przeprowadzono fazę badań i rozwoju, współfinansowaną 3 grantami na projekty B+R w tematyce AR, AI i analizy danych. Opracowano Narzędzie AR-AI dedykowane wsparciu ww. procesom produkcyjnym. Stworzono architekturę systemu i algorytm funkcjonowania oraz kierowano pracami rozwojowymi prowadzącymi do powstania dedykowanego oprogramowania i prototypu zaprojektowanego Narzędzia wsparcia AR-AI. Opracowano model koncepcyjny usprawnienia zarządzania wybranymi fazami procesu produkcyjnego z użyciem tego narzędzia. Przed rozpoczęciem prac B+R analizowane były potrzeby zakładów produkcyjnych z różnych gałęzi przemysłu oraz różne dostępne na rynku urządzenia AR. Powstały prototyp został zbadany dla trzech niezależnych przypadków – trzech różnych procesów produkcyjnych wymienionych powyżej. Badano dostarczane przez Narzędzie AR-AI korzyści/straty, użyteczność, przydatność i szanse rynkowe. Wykazano, że opracowana metoda zarządzania wybranymi procesami produkcyjnymi usprawnia ich efektywność, tj. wydajność związaną z czasem pracy danego pracownika, poprzez zastosowanie prototypu Narzędzia AR-AI, które znacznie przyspieszyło dostęp i ułatwiło odbiór konkretnej informacji.

**Słowa kluczowe:** przemysł 4.0; produkcja; rozszerzona rzeczywistość; okulary AR; sztuczna inteligencja; interfejs człowiek-maszyna; montaż; utrzymanie ruchu; kontrola jakości.

## **Abstract**

Digitalization of production environment, also called Industry 4.0, is one of the most attractive topics currently being explored. The first technology of interest is Augmented Reality (AR), which has gained momentum in recent years following the introduction of AR glasses by Google and Microsoft. AR glasses are wireless, transparent goggles that provide a natural human-machine interface by presenting information directly in front of the user's eyes in the form of virtual 3D objects superimposed on a real-world image. The second area concerning the doctoral dissertation is Artificial Intelligence (AI) in its most recent edition, related to the 2012 breakthrough, making deep neural networks a critical component of Computer Science. There is little scientific work on combining AR with image recognition and AI for industrial purposes, but a great need is noted for the development of such a conglomerate of technologies.

For selected manual production processes, an issue has been observed related to the lack of ergonomic tools to support the production workers, which provide the relevant data in an automated manner. The selected processes are: technological - assembly of wires in the control cabinet, auxiliary - maintenance, more specifically, inspection of the production line and quality control of automotive stampings. A research and development phase was carried out, co-funded by 3 R&D project grants in the topics of AR, AI and data analysis. An AR-AI Tool dedicated to support the above-mentioned production processes was developed. The system architecture and functioning algorithm were created and the development of the dedicated software and prototype of the designed AR-AI support Tool were supervised. A concept for improving the management of selected phases of the production process using this tool was developed. Prior to the R&D work, the needs of manufacturing plants in various industries and the various AR devices available on the market were analyzed. The prototype was tested in three independent cases - three different production processes mentioned above. The benefits/losses, usability, usefulness and market opportunities provided by the AR-AI Tool were studied. It was proved that the developed method of managing selected production processes improves their efficiency related to the working time of a particular employee, through the use of the AR-AI Tool, which significantly accelerated access and facilitated the reception of specific information.

**Keywords:** industry 4.0; production; augmented reality; AR glasses; artificial intelligence; human-machine interface; assembly; maintenance; quality control.