

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa

Katedra Mechaniki Stosowanej i Robotyki

Załącznik nr 3

do wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora
habilitowanego

Autoreferat

dr inż. Dariusz Szybicki

Rzeszów 2023

Spis treści

1. Dane osobowe.....	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.....	4
4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (dz. U. Z 2021 r. Poz. 478 z późn. Zm.).. ..	4
4.1. Osiągnięcia naukowe.....	4
4.2. Geneza.....	7
4.3. Monografia naukowa.....	10
4.4. Cykl powiązanych tematycznie 10 artykułów naukowych	16
4.5. Oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne	29
4.6. Podsumowanie	34
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.....	36
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.....	38
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne.....	38
6.2. Osiągnięcia organizacyjne.....	40
6.3. Osiągnięcia promujące naukę.....	41
7. Inne informacje, dotyczące kariery zawodowej.	42

1. Imię i nazwisko.

Dariusz Szybicki

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- **Stopień doktora**

Dziedzina: Nauki techniczne;

Dyscyplina: Mechanika;

Data uzyskania stopnia: 12.11.2014;

Tytuł pracy doktorskiej: Mechatroniczne projektowanie inspekcyjnego robota gąsienicowego;

Podmiot nadający: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa;

Promotor: prof. dr hab. inż. Józef Giergiel dr h. c. mult.

Recenzenci: prof. dr hab. inż. Zbigniew Koruba

prof. dr hab. inż. Arkadiusz Mężyk

Praca była realizowana w ramach studiów doktoranckich prowadzonych na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza.

Praca doktorska na wniosek recenzentów została wyróżniona.

- **Tytuł magistra**

Kierunek studiów: Mechanika i Budowa Maszyn;

Specjalność: Mechatronika;

Okres odbywania studiów: 2004 – 2009;

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza;

Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa;

Promotor pracy magisterskiej: prof. dr hab. inż. Józef Giergiel dr h. c. mult.

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

- 2014 - do chwili obecnej, Adiunkt w Katedrze Mechaniki Stosowanej i Robotyki, Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza;
- 2011 - 2014, Asystent w Katedrze Mechaniki Stosowanej i Robotyki, Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza.

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.

4.1. Osiągnięcia naukowe

Osiągnięciami naukowymi, stanowiącymi znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna, o których mowa w art. 219 ust. 1. pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r., są:

- **monografia naukowa**, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2a ustawy oraz
- **cykl powiązanych tematycznie 10 artykułów naukowych**, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2b ustawy oraz
- **3 oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne**, zgodnie z art. 219 ust. 1. pkt 2c ustawy.

Indywidualny wkład w powstanie dzieł współautorskich scharakteryzowano w Załączniku nr 4, punkt I. Udział w poszczególnych osiągnięciach potwierdzono załącznikami z oświadczeniami współautorów. Wdrożenia rozwiązań projektowych konstrukcyjnych, i technologicznych potwierdzono odpowiednimi zaświadczeniami wystawionymi przez przedsiębiorstwa.

Wykaz prac stanowiących osiągnięcie naukowe:

Monografia naukowa

Szybicki D. (2023). Zastosowanie idei cyfrowych bliźniaków w projektowaniu oraz programowaniu stacji zrobotyzowanych, ISBN 978-83-7934-669-1, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, 157 stron.

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Gabriel Kost, Politechnika Śląska;

dr hab. inż. Andrzej Klepka, prof. AGH, Akademia Górniczo - Hutnicza im. S. Staszica.

Cykl powiązanych tematycznie 10 artykułów naukowych:

- [1] Szybicki, D., Obal, P., Kurc, K., & Gierlak, P. (2022). Programming of Industrial Robots Using a Laser Tracker. *Sensors*, 22(17), 6464, **IF= 3,847**.
- [2] Szybicki, D., Obal, P., Penar, P., Kurc, K., Muszyńska, M., & Burghardt, A. (2022). Development of a Dedicated Application for Robots to Communicate with a Laser Tracker. *Electronics*, 11(20), 3405, **IF=2,9**.
- [3] Szybicki, D., Burghardt, A., Kurc, K., & Pietruś, P. (2019). Calibration and verification of an original module measuring turbojet engine blades geometric parameters. *Archive of Mechanical Engineering*, 66(1), 97-109, **IF= 0,229**.
- [4] Szybicki, D., Kurc, K., Gierlak, P., Burghardt, A., Muszyńska, M., & Uliasz, M. (2019). Application of virtual reality in designing and programming of robotic stations. In *Collaborative Networks and Digital Transformation: 20th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2019, Turin, Italy, September 23–25, 2019, Proceedings 20* (pp. 585-593). Springer International Publishing.
- [5] Burghardt, A., Szybicki, D., Gierlak, P., Kurc, K., Pietruś, P., & Cygan, R. (2020). Programming of industrial robots using virtual reality and digital twins. *Applied Sciences*, 10(2), 486, **IF=2,67**.
- [6] Burghardt, A., Szybicki, D., Kurc, K., Muszyńska, M., & Mucha, J. (2017). Experimental study of Inconel 718 surface treatment by edge robotic deburring with force control. *Strength of Materials*, 49, 594-604, **IF=0,552**.
- [7] Burghardt, A., Szybicki, D., Gierlak, P., Kurc, K., Muszyńska, M., Ornat, A., & Uliasz, M. (2022). TCP Parameters Monitoring of Robotic Stations. *Electronics*, 11(20), 3415, **IF=2,9**.

- [8] Muszyńska, M., Szybicki, D., Gierlak, P., Kurc, K., Burghardt, A., & Uliasz, M. (2019). Application of virtual reality in the training of operators and servicing of robotic stations. In Collaborative Networks and Digital Transformation: 20th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2019, Turin, Italy, September 23–25, 2019, Proceedings 20 (pp. 594-603). Springer International Publishing.
- [9] Gierlak, P., Burghardt, A., Szybicki, D., Szuster, M., & Muszyńska, M. (2017). On-line manipulator tool condition monitoring based on vibration analysis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 89, 14-26, **IF=4,37**.
- [10] Burghardt, A., Kurc, K., Szybicki, D., Muszyńska, M., & Nawrocki, J. (2017). Robot-operated quality control station based on the UTT method. *Open Engineering*, 7(1), 37-42, **IF=0,211**.

Oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne:

- Projekt i konstrukcja zrobotyzowanego stanowiska oraz opracowanie technologii obróbki skrawaniem detali o kształcie zmiennym losowo. Prace były realizowane w latach 2017-2021 w ramach projektu: POIR.01.01.01-00-0804/17 pt. „Opracowanie i uruchomienie technologii wytwarzania wysokodokładnych odlewów żeliwnych dla sektora automotive z wykorzystaniem metodyki INDUSTRY 4.0.” Rola w projekcie: kierownik zespołu projektowania i programowania. Podmiot finansujący NCBiR. Wartość projektu 26 190 990,98 PLN. Projekt realizowany dla Odlewnia Kutno sp. z o. o. W ramach projektu m.in. zaprojektowano oraz wdrożono do produkcji zrobotyzowaną stację do obróbki skrawaniem detali o kształcie zmiennym losowo.
- Projekt i konstrukcja zrobotyzowanego stanowiska oraz opracowanie technologii przygotowania form odlewniczych aparatów kierujących osiowych turbin lotniczych. Prace były realizowane w latach 2017-2021, w ramach projektu: POIR.01.01.01-00-0763/17 pt. „Opracowanie technologii wytwarzania oraz wdrożenie do produkcji aparatów kierujących lotniczej turbiny niskiego ciśnienia”. Rola w projekcie: kierownik zespołu projektowania i programowania. Podmiot finansujący NCBiR. Wartość projektu 20 430 119,93 PLN. Projekt realizowany dla Consolidated Precision Products Poland sp. z o.o. Zadaniem opracowanego stanowiska z robotem przemysłowym było wykonanie sekwencji operacji: czyszczenie form z wykorzystaniem podciśnienia; mycie

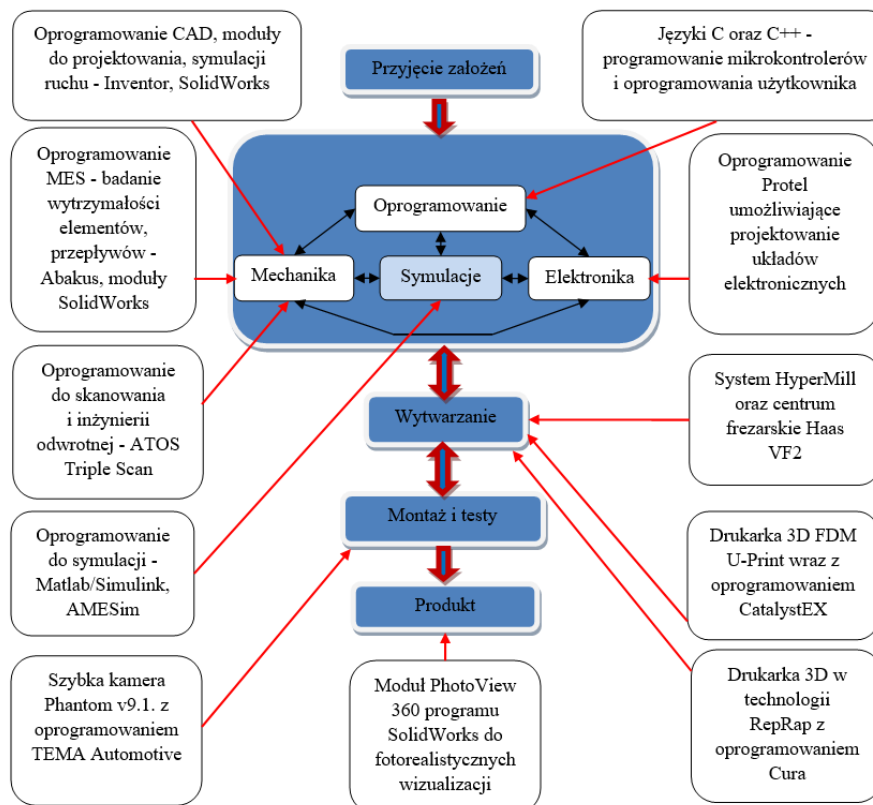
z wykorzystaniem specjalistycznego środka czyszczącego; badania szczelności form; automatyczny proces suszenia z wykorzystaniem promienników podczerwieni. W ramach projektu m.in. zaprojektowano oraz wdrożono do produkcji zrobotyzowane stanowisko czyszcząco-myjąco-suszące do przygotowania form odlewniczych integralnych aparatów kierujących osiowych turbin lotniczych.

- Projekt i konstrukcja zrobotyzowanego stanowiska oraz opracowanie technologii pomiarów parametrów geometrycznych segmentów aparatów kierujących silników odrzutowych. Prace były realizowane w latach 2014-2016, w ramach projektu DEMONSTRATOR PLUS UOD-DEM-1-557/001 pt. „Testowanie krytycznych elementów silnika lotniczego o podwyższonych parametrach użytkowych”. Rola w projekcie: kierownik zespołu projektowania i programowania. Podmiot finansujący NCBiR. Wartość projektu 24 170 720 PLN. Stanowisko zostało zaprojektowane dla docelowo dla odlewni precyzyjnej (obecnie Consolidated Precision Products Poland sp. z o.o.) firmy Pratt & Whitney Rzeszów Spółka Akcyjna. W ramach prac badawczych zaprojektowano oraz wykonano zrobotyzowaną stację do ultradźwiękowej kontroli grubości ścian piór aparatów kierujących.

4.2. Geneza

Tematyka badawcza będąca w obszarze moich zainteresowań koncentruje się wokół implementacji autorskich metod projektowania stacji zrobotyzowanych oraz programowania robotów przemysłowych. Przedmiotem monografii naukowej są zagadnienia projektowania i programowania stacji zrobotyzowanych realizowane przy zastosowaniu idei cyfrowych bliźniaków. Tematami artykułów przedstawionych jako osiągnięcie naukowe są m.in budowa narzędzi związanych z projektowaniem i serwisowaniem stacji, modelowanie funkcjonowania elementów stacji oraz implementacja autorskich rozwiązań technologicznych i algorytmów. Opracowane rozwiązania zostały zastosowane podczas realizacji projektów wymienionych w osiągnięciach naukowych oraz we wdrożeniach szeroko opisanych w Załączniku nr 4, punkt III.4. Zagadnienia zastosowań robotów w przemyśle są przedmiotem opublikowanych przeze mnie monografii (4), rozdziałów w monografiach (5) i większości z 76 artykułów, których jestem współautorem. Rozwiązań zrealizowanych z wykorzystaniem robotów dotyczą również wnioski patentowe, których jestem współautorem (11), uzyskany patent oraz wszystkie wdrożenia (7).

Zagadnienia robotyki interesowały mnie już na studiach magisterskich, gdzie w ramach Studenckiego Koła Naukowego „Mechatronik”, którego byłem przewodniczącym, projektowane i budowane były różnego typu roboty. Moja praca magisterska i wydany wraz z promotorem na jej podstawie podręcznik akademiki pt. „System Linux w robotyce” dotyczyły budowy robotów, rozwiązań ich sterowania i oprogramowania. Przedmiotem zainteresowania w mojej pracy doktorskiej było mechatroniczne podejście w projektowaniu robotów inspekcyjnych oraz narzędzia stosowane w tym zagadnieniu. W dysertacji i wydanej monografii pt. „Mechatronika gąsienicowych robotów inspekcyjnych” podjęto tematy technik projektowania mechatronicznego, opracowania nowoczesnej metodyki naukowo-badawczej oraz budowy gąsienicowego robota inspekcyjnego mogącego znaleźć szerokie zastosowanie. Zaprojektowany robot stanowił przykład realizacji idei projektowania mechatronicznego, przy użyciu zaawansowanych narzędzi. W ramach dysertacji szukano odpowiedzi na pytanie: jak mechatronicznie projektować roboty inspekcyjne przy wykorzystaniu nowoczesnego modelowania, symulacji oraz technik Rapid Prototyping, rozwijając przy tym techniki projektowania mechatronicznego. Opracowana metodyka (rys. 4.1) dała odpowiedź na pytanie „Jak należy to robić?”, czyli jakich technik i narzędzi użyć do zaprojektowania i wykonania inspekcyjnego robota.



Rys. 4.1. Idea realizacji metodyki projektowania mechatronicznego w odniesieniu do robota inspekcyjnego

Zapotrzebowanie rynku związane z automatyzacją przemysłu oraz kolejno realizowane wdrożenia spowodowały zmianę moich zainteresowań naukowych z robotów inspekcyjnych na manipulatory przemysłowe. W wyniku realizacji kolejnych projektów zająłem się projektowaniem oraz programowaniem stacji zrobotyzowanych oraz pracami nad technologiami związanymi z robotyzacją. Przegląd literatury wykonany w autorskiej monografii wskazuje na niewielką ilość publikacji pokazujących w sposób wyczerpujący metody i narzędzia stosowane w projektowaniu stacji zrobotyzowanych. W robotyce bardzo obszernie opisywany jest temat modelowania robotów przemysłowych ze szczególnym uwzględnieniem kinematyki, dynamiki oraz metod sterowania. Brak jednak licznych odniesień tych zagadnień do koncepcji stacji zrobotyzowanej jako całości. Holistyczne podejście w tej tematyce oznacza uwzględnienie zarówno modelowania samego robota, jak i pozostałych elementów stacji przy założeniu korzystania z rozwiązań dostępnych na rynku. Dostępne dane statystyczne i wykonana analiza literatury wskazują na zasadność prowadzenia prac badawczych dotyczących projektowania stacji zrobotyzowanych. W literaturze występują publikacje dotyczących procesów projektowania związanych np. z robotami inspekcyjnymi, trudno jednak o wnioski dotyczące całej robotyki. W tematyce projektowania bardzo istotne jest przedstawienie narzędzi i przykładów realizacji poszczególnych etapów procesu, a takich prac jest mało. Bardzo dużą wiedzę przynoszą wdrożenia, gdyż w tym przypadku najmocniej weryfikowane są przyjęte strategie, a przykładów wdrożeń w publikacjach brakuje. Prowadzone prace badawcze dotyczące projektowania stacji zrobotyzowanych i programowania robotów oraz zrealizowane wdrożenia zaowocowały wypracowaniem osiągnięć naukowych, stanowiących moim zdaniem znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna.

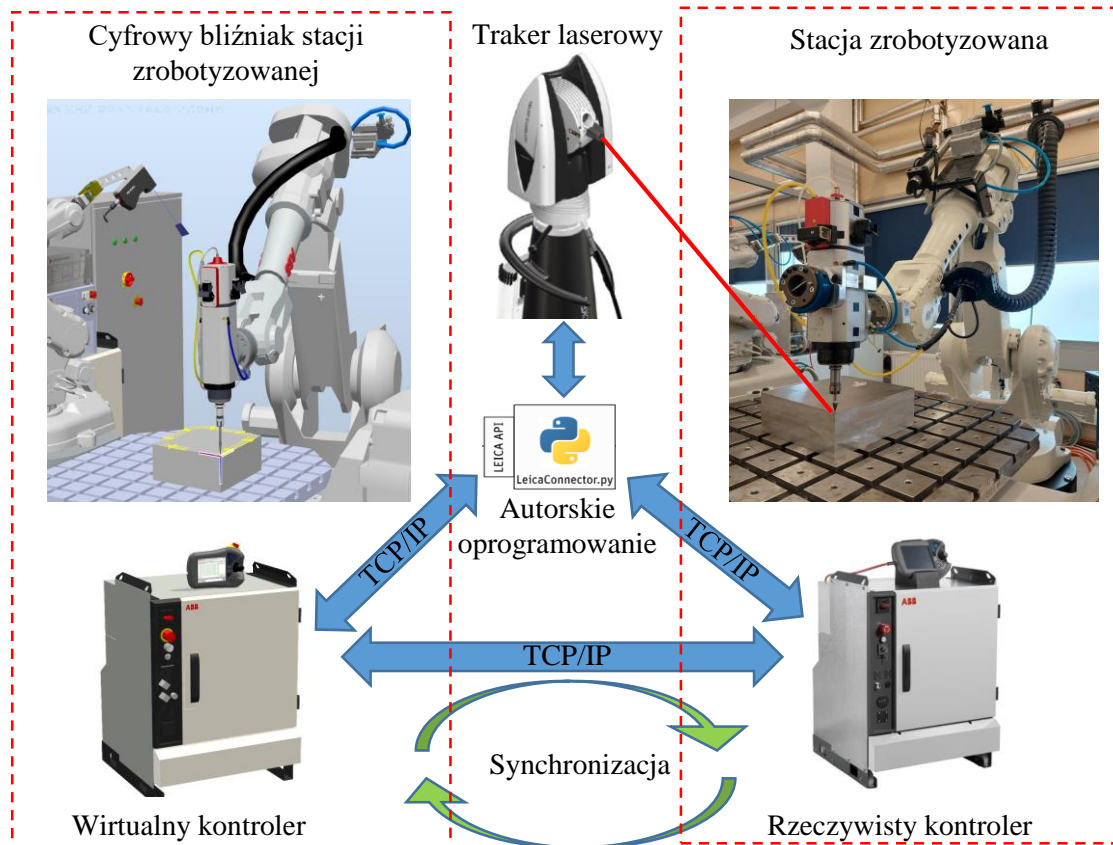
Jedną z definicji procesu projektowania wyjaśnia, że jest zbiorem czynności i zdarzeń, które następują w czasie między pojawieniem się problemu, a powstaniem dokumentacji, która będzie opisywać rozwiązanie problemu, racjonalne z punktu widzenia ekonomicznego i funkcjonalnego. Projektowanie stacji zrobotyzowanych jest cyklem twórczym, w którym praktycznie żaden proces projektowania nie powtarza się, gdyż powstające rozwiązania zwykle różnią się. W takim wypadku szczególne znaczenie mają przyjęte sposoby działania i zastosowane narzędzia. Badania dotyczące metod projektowania pozwalają na doskonalenie tego procesu i wprowadzenie innowacyjnych instrumentów metodycznych i technicznych.

Analiza cech wspólnych metod projektowania robotów inspekcyjnych oraz projektowania stacji zrobotyzowanych pozwoliła na rozwinięcie i wdrożenie w tym zakresie

opracowanej metodyki projektowania mechatronicznego. Metodyka projektowania mechatronicznego stanowi rozszerzenie technik klasycznego projektowania w oparciu o zaawansowane narzędzia oraz technologie szybkiego prototypowania. Dzięki zastosowaniu oprogramowania CAD oraz szerzej CAE, można zminimalizować czas do uzyskania wirtualnego prototypu i rzeczywistego obiektu. W przypadku stacji zrobotyzowanych okazało się, że szerokie zastosowanie systemów CAD oraz równoległe projektowanie części mechanicznej, automatyki przemysłowej, oprogramowania oraz symulacje dają pozytywne efekty w postaci skrócenia czasu projektowania i budowy. Rozwinięcie opracowanej wcześniej metodyki uzyskano poprzez zastosowanie w projektowaniu, programowaniu i wdrożeniach idei cyfrowych bliźniaków (monografia) oraz możliwości absolutnych trackerów laserowych (publikacje [1], [2]). Dzięki uzyskanym rozwiązaniom możliwe było opracowanie dwóch autorskich technik programowania robotów [1], [5]. Rozwiązania cyfrowe i narzędzia symulacyjne pozwoliły na modelowanie funkcjonowania elementów stacji, implementację autorskich rozwiązań technologicznych i algorytmów [3], [6], [7], [9], [10] oraz realizację wdrożeń. Powstałe przy zastosowaniu idei cyfrowych bliźniaków możliwości pozwoliły na zastosowanie wirtualnej rzeczywistości do projektowania, programowania [4], serwisowania i szkoleń [8].

4.3.Monografia naukowa

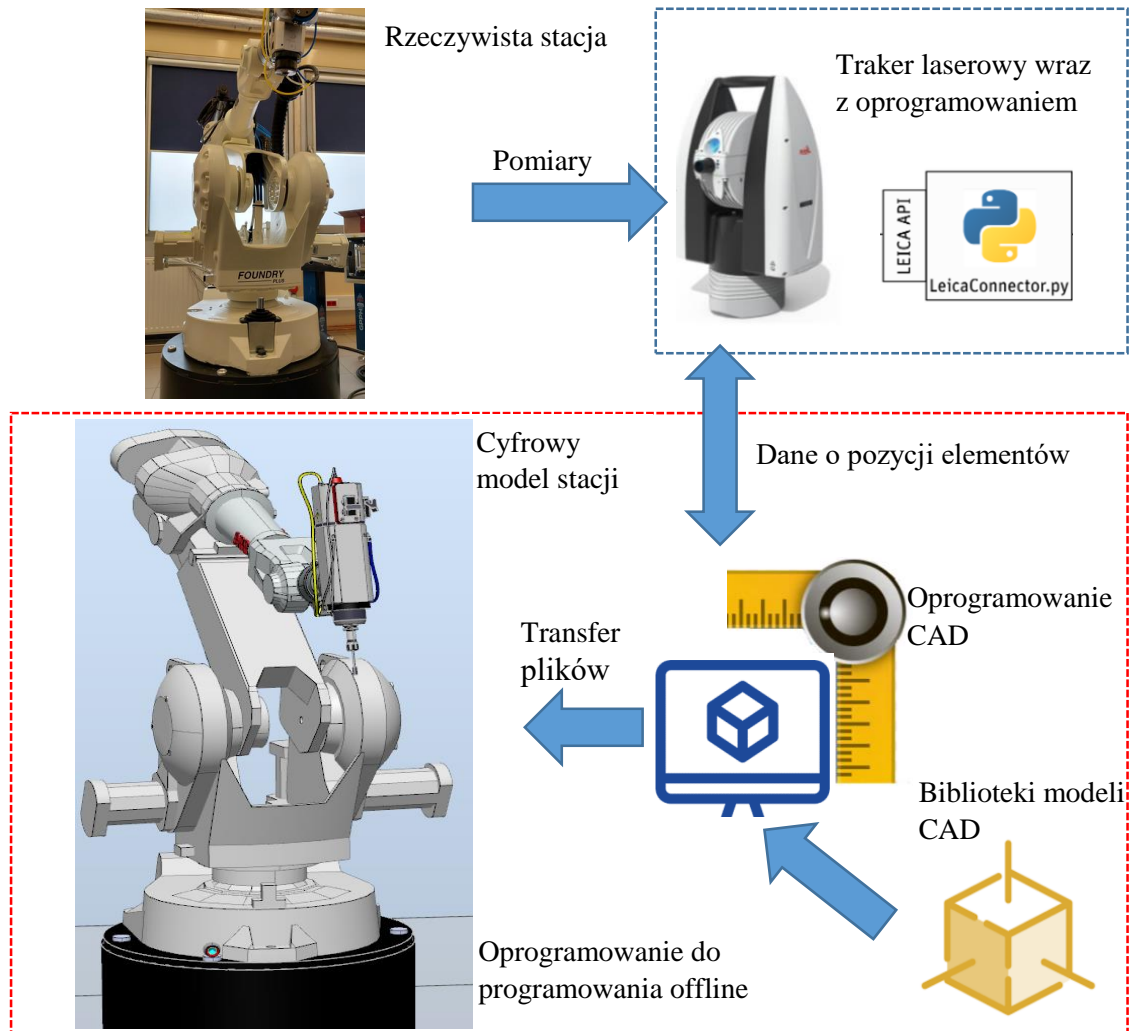
Przedmiotem monografii przedstawionej jako osiągnięcie naukowe są zagadnienia projektowania i programowania stacji zrobotyzowanych realizowane przy zastosowaniu idei cyfrowych bliźniaków. Cyfrowy bliźniak w odniesieniu do stacji zrobotyzowanej oznacza dwustronną i w pełni zintegrowaną komunikację modelu cyfrowego z rzeczywistą stacją (rys. 4.2).



Rys. 4.2. Idea cyfrowy bliźniaka w odniesieniu do stacji zrobotyzowanej

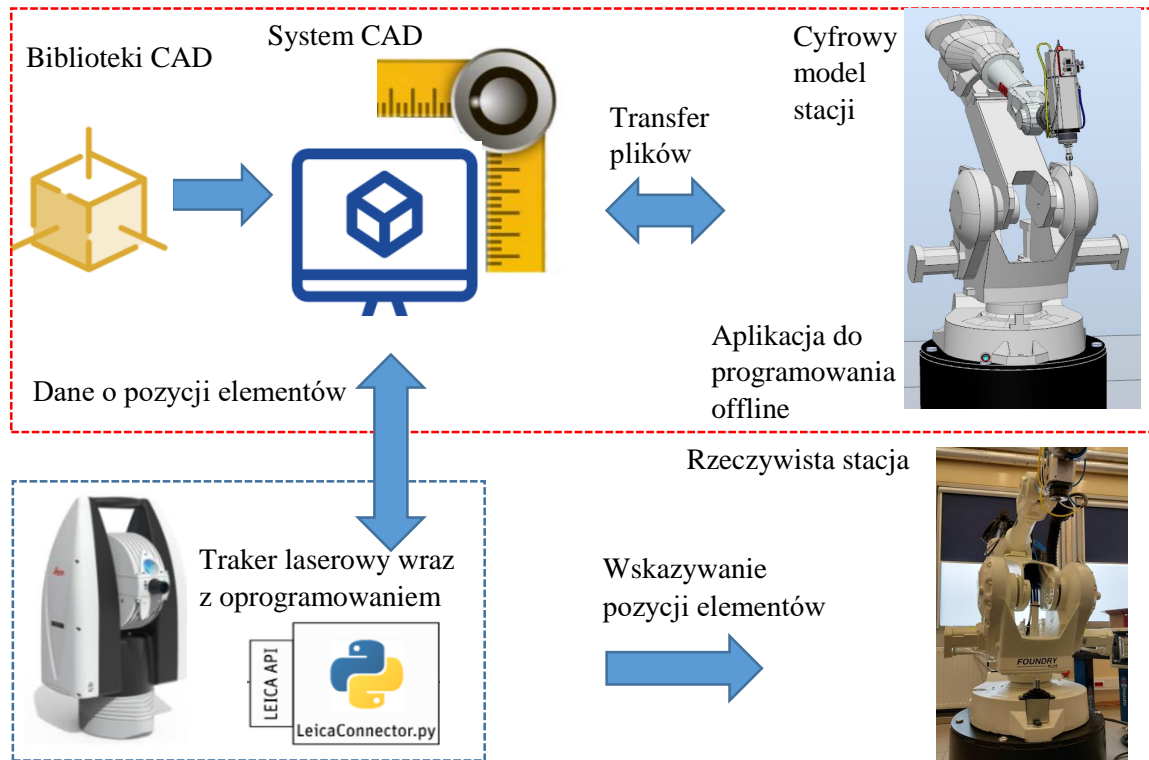
Komunikacja może być zrealizowana z wykorzystaniem narzędzi dostępnych w ramach idei Przemysłu 4.0 takich jak m.in: rodzina protokołów TCP/IP, standard OPC oraz tzw. synchronizacja (narzędzia scharakteryzowane w podrozdziale 6.2). Model cyfrowy stacji może funkcjonować i realizować zaawansowane symulacje z wykorzystaniem tzw. wirtualnego kontrolera, będącego emulatorem rzeczywistego kontrolera (jego szczegóły funkcjonowania pokazano w podrozdziale 6.4). Istotną cechą modelu cyfrowego stacji jest dokładność (zdefiniowana w podrozdziale 4.6) zapewniająca możliwość programowania metodami offline uzyskana dzięki zastosowaniu precyzyjnych systemów pomiarowych (podrozdział 8.1). Jako element umożliwiający zapewnianie interaktywności i dokładności modelu cyfrowego można wskazać zastosowanie trackera laserowego oraz autorskiego rozwiązania (oprogramowanie LeicaConnector scharakteryzowane w podrozdziale 6.4) zapewniającego komunikację tracker laserowy – kontroler robota. Za celowe uznano pokazanie przykładów realizacji zarówno w warunkach laboratoryjnych (podrozdział 8.3) oraz we wdrożeniach (rozdział 9, oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne). W monografii za kluczową można uznać część, gdzie zaproponowano metodykę budowy cyfrowych bliźniaków stacji zrobotyzowanych oraz sposób

rozwiązywania podstawowego problemu programowania offline robotów, czyli ograniczonej dokładności odwzorowania stanowiska oraz detali. Pokazany został algorytm postępowania w przypadku, gdy stacja już istnieje i budowany jest jej cyfrowy model (rys.4.3).



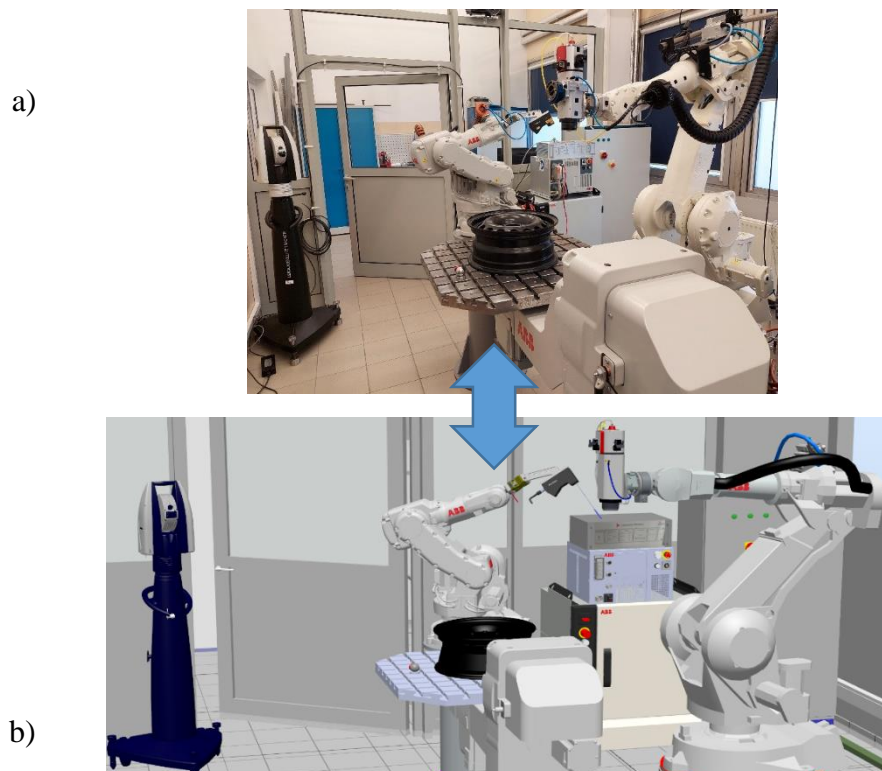
Rys. 4.3. Schemat realizacji metodyki związanej z wariantem, gdy stacja zrobotyzowana jest zbudowana fizycznie i budowany jest jej cyfrowy bliźniak

Zaprezentowano również rozwiązanie, gdy najpierw powstaje model cyfrowy, a na jego podstawie budowana jest rzeczywista stacja (rys. 4.4).



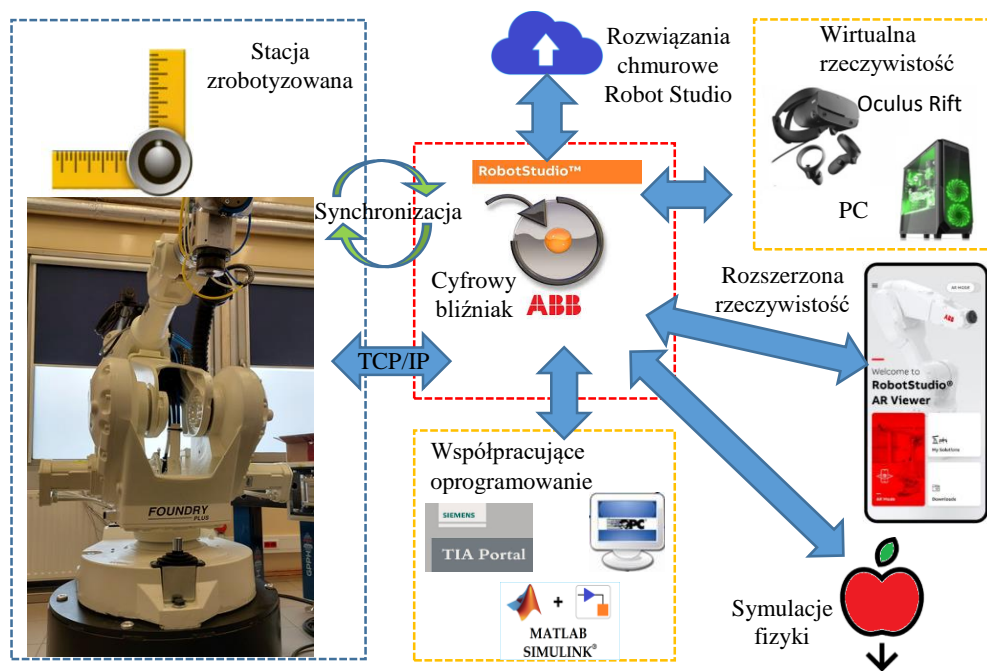
Rys. 4.5. Schemat realizacji metodyki, gdy stacja zrobotyzowana jest projektowana i najpierw powstanie model a na jego podstawie zbudowana zostanie rzeczywista stacja

Zgodnie z opracowaną metodyką zbudowano cyfrowego bliźniaka istniejącej stacji zrobotyzowanej (rys. 4.6) i pokazano możliwości wynikające z użycia narzędzi wirtualnych.



Rys. 4.6. Stacja zrobotyzowane, a) rzeczywista stacja, b) model cyfrowy stacji w oprogramowaniu Robot Studio

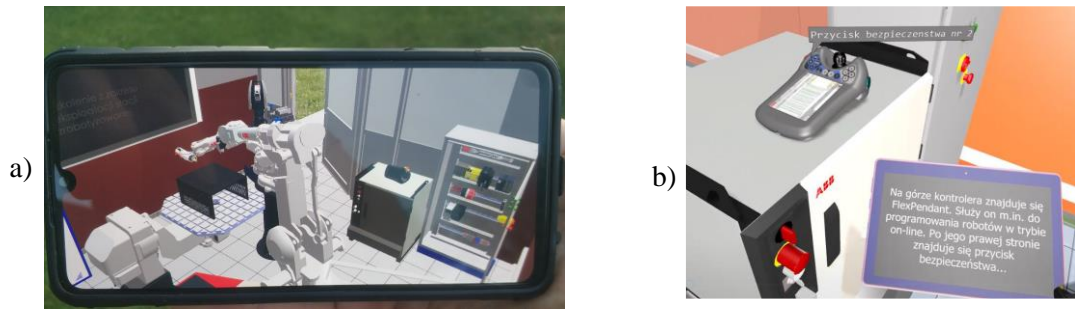
Do rozbudowy modelu cyfrowego w cyfrowego bliźniaka stacji zrobotyzowanej posłużono się możliwościami programowania offline oraz dostępnym tam wirtualnym kontrolerem. Dzięki funkcjom opisanym w rozdziale 6.2 opracowane rozwiązanie w pełni realizuje ideę cyfrowych bliźniaków. Na rys. 4.7 pokazano możliwości wymiany danych pomiędzy cyfrowym modelem w oprogramowaniu offline, a rzeczywistą stacją oraz funkcje współpracy z wirtualną i rozszerzoną rzeczywistością.



Rys. 4.7. Schemat realizacji idei cyfrowych bliźniaków oraz rozwiązań Przemysłu 4.0

Zastosowanie dwustronnej komunikacji opartej o synchronizację i protokoły TCP/IP (scharakteryzowane w podrozdziale 6.2) pozwala na wymianę danych pomiędzy modelem cyfrowym, a rzeczywistą stacją. Programy robota mogą być budowane metodami offline na podstawie modeli CAD jak i tworzone metodami programowania online. Uzyskana dzięki trackerowi laserowemu dokładność modelu cyfrowego pozwala na precyzyjne generowanie programów, wyznaczanie układów współrzędnych czy pokazane w podrozdziale 7.3 definiowanie stref bezpieczeństwa. Dzięki opracowanemu rozwiązaniu możliwe jest zastosowanie autorskiej metodyki programowania z wykorzystaniem trackera laserowego (przykład pokazano w podrozdziale 6.4). Narzędzia dostępne dla opracowanego rozwiązania (rys. 4.7) pozwalają nie tylko na budowę cyfrowych bliźniaków, ale także na realizację innych idei Przemysłu 4.0. Wykorzystywane narzędzie oprócz komunikacji z rzeczywistą stacją i oprogramowaniem współpracującym ma możliwość obsługi wirtualnej rzeczywistości w okularach 3D oraz rzeczywistości rozszerzonej na smartfonach.

Opracowany bliźniak jest wykorzystywany do edukacji i szkoleń studentów z zastosowaniem metod rozszerzonej i wirtualnej rzeczywistości (rys. 4.8).



Rys. 4.8. Cyfrowy bliźniak stacji w zastosowaniach szkoleniowych, a) aplikacja Robot Studio AR na smartfonie ze szkoleniem dotyczącym omawianej stacji, b) fragment szkolenia realizowanego z wykorzystaniem okularów 3D

Studenci zanim rozpoczną pracę w laboratorium poznają jego budowę oraz rolę elementów składowych z wykorzystaniem okularów 3D. Podczas pracy w laboratorium studenci mają możliwość korzystania z aplikacji rozszerzonej rzeczywistości na smartfony. Aplikacja Robot Studio AR Viewer (rys. 4.8 a) jest dostępna za darmo i umożliwia dla omawianej stacji pokazanie szczegółowych informacji dotyczących np. parametrów robota czy szafy z elementami automatyki. Przykład możliwości programowania robotów z wykorzystaniem rzeczywistości wirtualnej pokazano w pracy [4], a szkoleń operatorów w pracy [8].

Realizacja modelu a następnie koncepcji cyfrowego bliźniaka stacji zrobotyzowanej, zgodnie z opracowaną metodyką, daje możliwości m.in.:

- wygodnego doboru robotów do realizowanego projektu stacji na podstawie np. zasięgu, przyjętego rozwiązania kinematycznego;
- wyznaczania przestrzeni roboczych manipulatora (dostępny ich widok 3D) przy uwzględnieniu modeli CAD narzędzi;
- projektowania systemów bezpieczeństwa z zastosowaniem narzędzi cyfrowych;
- tworzenia stref bezpieczeństwa oraz tzw. stref zabronionych dla robota na podstawie modeli CAD oraz z wykorzystaniem ścieżek TCP robota, dostępna jest ich natychmiastowa implementacja w rzeczywistej stacji;
- realizacji zaawansowanych, wielowariantowych symulacji funkcjonowania stacji;
- wygodnego, wydajnego (krótki czas tworzenia punktów ścieżki TCP robota) oraz precyzyjnego (dokładnie określona pozycja detalu względem układu bazowego robota) programowania metodami offline oraz hybrydowymi;

- wykonania analiz, korekt oraz rozbudowy programów utworzonych metodą programowania online, rozbudowane programy mogą być natychmiast przesłane do rzeczywistej stacji;
- realizacji szkoleń pracowników w zakresie programowania i obsługi stacji bez wykorzystania rzeczywistej stacji;
- zastosowania do programowania oraz szkoleń wirtualnej oraz rozszerzonej rzeczywistości;
- zastosowania do symulacji oraz rozbudów funkcjonalności narzędzi typu Matlab/Simulink czy TIA Portal;

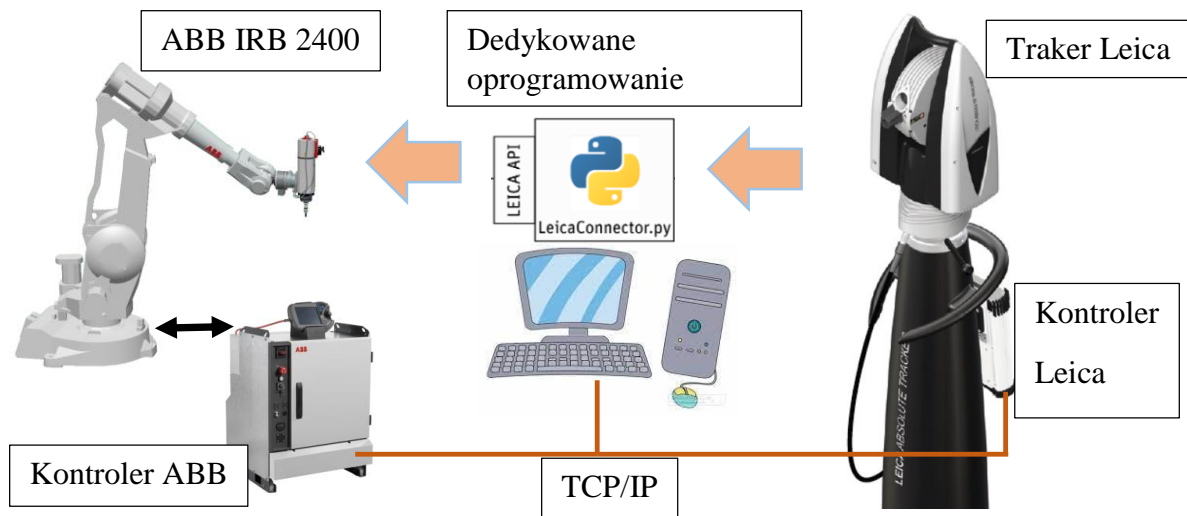
Cześć z wymienionych rozwiązań była dostępna w przypadku budowy modelu cyfrowego bez realizacji w pełni idei cyfrowego bliźniaka. Jednak dzięki dwustronnej komunikacji (model cyfrowy – rzeczywista stacja) oraz dokładności modelu stacji uzyskanej dzięki trackerowi laserowemu osiągnięto rozwiązania unikatowe, wygodne w stosowaniu oraz możliwe do implementacji w warunkach przemysłowych. Większość wymienionych rozwiązań jakie daje koncepcja cyfrowych bliźniaków w aspekcie projektowania stacji zrobotyzowanych została pokazana na przykładach w ramach poszczególnych rozdziałów pracy. Wyjaśnienie problemów związanych z modelowaniem stacji oraz dokładnością robotów pozwoliło pokazać jakie są wymagania związane z budową cyfrowych bliźniaków. Przykłady implementacji opracowanych rozwiązań związanych z cyfrowymi bliźniakami oraz wykorzystania metodyki zastosowania modelu cyfrowego w projekcie i budowie rzeczywistej stacji pokazano w rozdziale 9.

4.4.Cykl powiązanych tematycznie 10 artykułów naukowych

Wszystkie spośród cyklu wybranych artykułów naukowych związane są z zagadaniem implementacji autorskich metod projektowania stacji zrobotyzowanych oraz programowania robotów przemysłowych.

Publikacja [2] dotyczy opracowania koncepcji aplikacji do komunikacji trackera laserowego z robotami. Tracker laserowy to narzędzie umożliwiające różnego typu pomiary geometryczne w przestrzeni trójwymiarowej, służące do sondowania, skanowania, zautomatyzowanej kontroli i pomiarów reflektorowych. Może on być wykorzystany do zautomatyzowanej kontroli pozycji, a także np. do skanowania 3D obiektów. W pracy przedstawiono ideę aplikacji, genezę jej powstania, wykorzystane narzędzia programistyczne oraz przykłady zastosowań w robotyce. Bardzo istotnym elementem

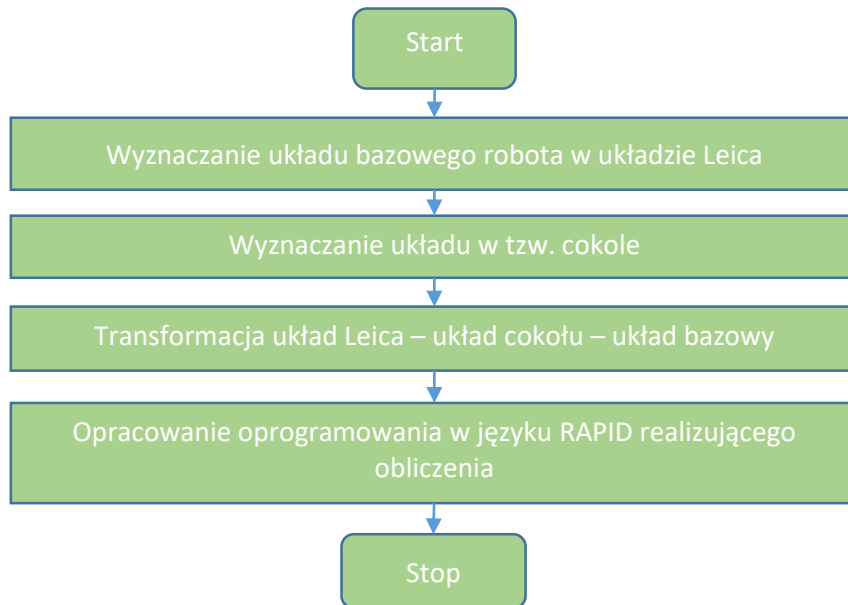
opracowanego rozwiązania jest zapewnienie komunikacji w czasie rzeczywistym: tracker laserowy – kontroler robota przemysłowego (rys. 4.9).



Rys. 4.9. Schemat komunikacji traker laserowy – kontroler robota ABB

Głównym zadaniem aplikacji jest przesyłanie w czasie rzeczywistym wyników dokładnych trójwymiarowych pomiarów środowiska do systemu robota. Opracowana aplikacja pozwala na kontrolowanie zarówno rodzaju pomiaru traker, jak i sposobu jego wyzwalania. Jednym z dostępnych rozwiązań jest możliwość wykonywania obliczeń związanych z transformacjami układów współrzędnych.

Zapewnienie komunikacji w czasie rzeczywistym traker laserowy – kontroler robota umożliwiło opracowanie autorskiej techniki programowania robotów scharakteryzowanej w **artykule [1]**. Technika ta rozwiązuje problemem błędów modelowania detali i środowiska, w którym pracuje robot. Błędy modelowania mogą dotyczyć różnic pomiędzy modelem CAD a rzeczywistym obiektem oraz niedokładnej pozycji elementu względem robota. Technika ta jest opracowana dla robotów firmy ABB i wykorzystuje język programowania RAPID. Może być zastosowana w przypadku robotów, które nie mają rozwiązań zwiększających dokładność typu kalibracja czy dodatek Absolut Accuracy, ale w tym przypadku dokładność uzyskanych pozycji będzie trudna do określenia. Istnieje możliwość implementacji tej techniki w rozwiązaniach innych producentów robotów. Wymaga to jednak zapewnienia komunikacji robota z trackerem oraz realizacji odpowiednich obliczeń w kontrolerze robota. Do realizacji autorskiej koncepcji programowania robota przemysłowego opracowano algorytm postępowania pokazany na rysunku 4.10.



Rys. 4.10. Algorytm procesu programowania robota z zastosowaniem trakera laserowego

Po realizacji tego algorytmu proces programowania polega już tylko na wskazywaniu retrorefraktorem punktów, które ma osiągnąć TCP robota. W trakcie opracowywania algorytmu przyjęto założenie, że po wskazaniu punktu retrorefraktorem, proces wyznaczania punktów ścieżki ma odbywać się w sposób zautomatyzowany. Wszelkie niezbędne do realizacji algorytmu obliczenia są realizowane w kontrolerze robota w języku RAPID. Szczegóły dotyczące sposobu realizacji procesu programowania, stosowanych przekształceń układów współrzędnych oraz występujących błędów podano w publikacji [1] oraz monografii. Jak w przypadku każdej techniki programowania, również ta posiada zalety i wady oraz charakteryzuje się występowaniem typowych dla niej błędów. Główne zalety opracowanej techniki to:

- duża wydajność programowania i oszczędność czasu programisty;
- podczas zastosowania dedykowanych podstawek do retrorefraktora, łatwość wyznaczania punktów krawędzi, powierzchni, środki otworów itp.;
- bezpieczna dla programisty oraz robota, ponieważ robot nie jest wykorzystywany podczas większości procesu programowania, minimalizacja ryzyka kolizji wynikająca z błędów operowania ręcznego ruchami manipulatora;
- stosując oprogramowanie kontrolera robota lub oprogramowanie trakerów możliwe jest definiowanie nowych punktów (tzw. wirtualnych, trudnych do wskazania lub dojechania robotem online) na podstawie już istniejących, np. środek okręgu na podstawie trzech punktów, punkty na przedłużeniu już zdefiniowanej krawędzi itp.

Wady opracowanej metody to:

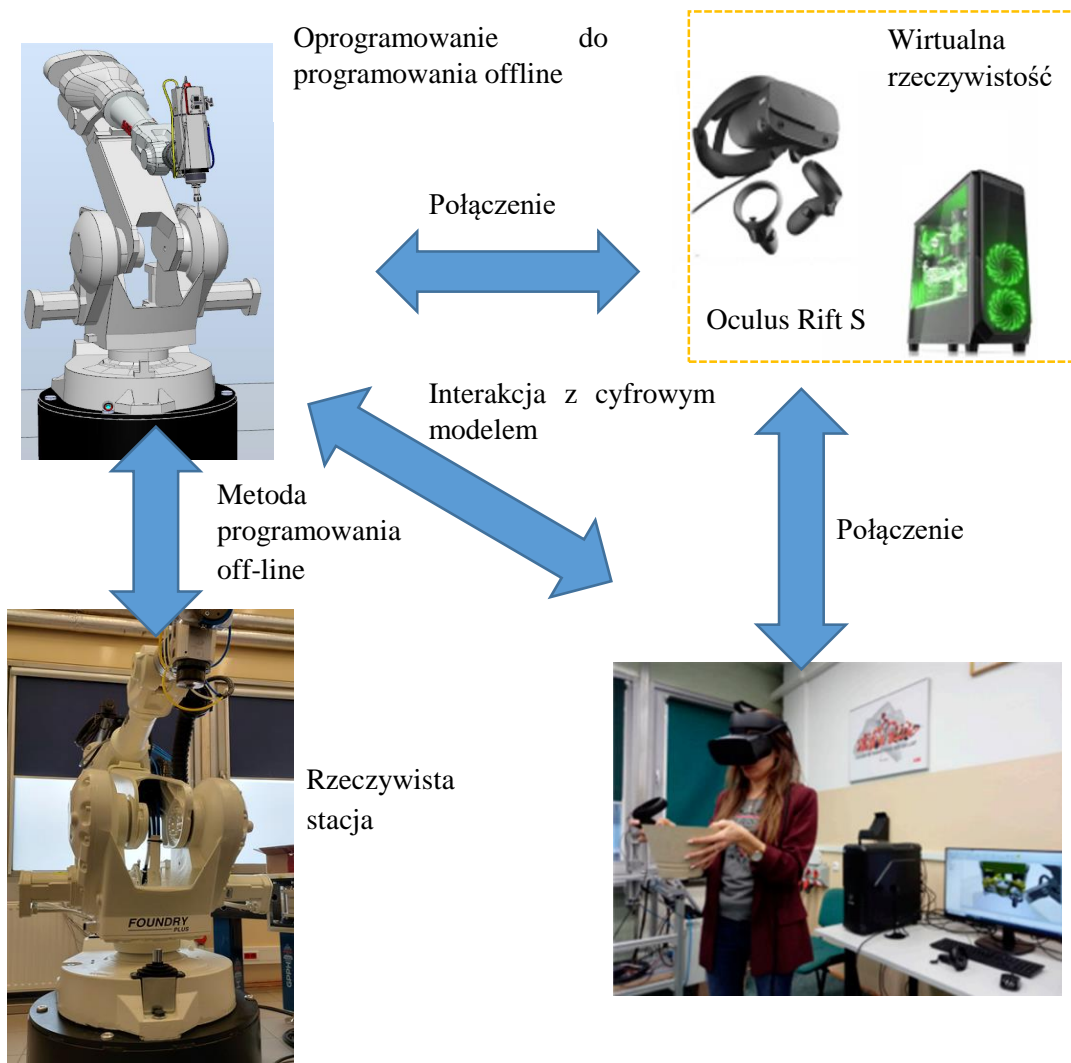
- konieczność posiadania kosztownego trakera oraz w przypadku wymaganej dużej dokładności dodatku typu Absolut Accuracy do robota;
- pozycja punktów ścieżki jest określana z dokładnością wynikającą z parametrów robota co jest wartością gorszą niż w przypadku programowania on-line (wtedy wykorzystuje się powtarzalność, czyli np. 0,03 mm);
- orientacja TCP robota w wyznaczonych punktach musi być określona inną metodą (np. w opisywanym przypadku prostopadła do płaszczyzny xy układu bazowego), problem ten został rozwiązany przez zastosowanie sondy pomiarowej do trakera co będzie przedmiotem dalszych prac;
- przed pierwszym zastosowaniem tej techniki konieczne jest wyznaczanie układu bazowego robota zgodnie z algorytmem (rys. 6.14).

Błędy opracowanej techniki wykorzystującej tracker laserowy wynikają przede wszystkim z dokładności wyznaczania współrzędnych punktów przy pomocy trakera oraz dokładności robota określonej w tym przypadku przez dodatek Absolut Accuracy. Dokładność trakera jest bardzo wysoka w porównaniu do dokładności robota. W związku z tym błąd wynika głównie z dokładności robota i wynosi około 0,4 mm.

Techniki programowania robotów były również tematem **publikacji [5]** (52 cytowania na Scopus). W ramach prowadzonych prac opracowano autorską technikę bazującą na goglach VR, kontrolerach ręcznych oraz środowisku do programowania offline. W opracowanym rozwiązaniu system wirtualnej rzeczywistości jest wykorzystywany do rejestrowania ruchów człowieka, które następnie są odtwarzane przez rzeczywistego robota. Opracowana technika jest dedykowana głównie do takich sytuacji, w których konieczne jest odwzorowanie przez robota ruchów człowieka wykonującego jakiś proces, który jest skomplikowany z punktu widzenia robotyzacji. Takie podejście jest szczególnie korzystne w przypadku konieczności przemieszczania przedmiotów, które w rzeczywistości mają dużą masę, a w wirtualnym środowisku operator może nimi z łatwością manewrować. Jako przykłady realizacji metody programowania pokazano zastosowanie w stacji do przygotowania ceramicznych form odlewniczych (osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne).

Podczas stosowania opracowanej techniki programowania operator jest umieszczany w wirtualnej stacji zrobotyzowanej przy pomocy systemu do wirtualnej wizualizacji

(rys. 4.11). Jego rolą jest wykonywanie takich manewrów wybranym przedmiotem czy narzędziem, jak ma to miejsce podczas realizowania rzeczywistych procesów.

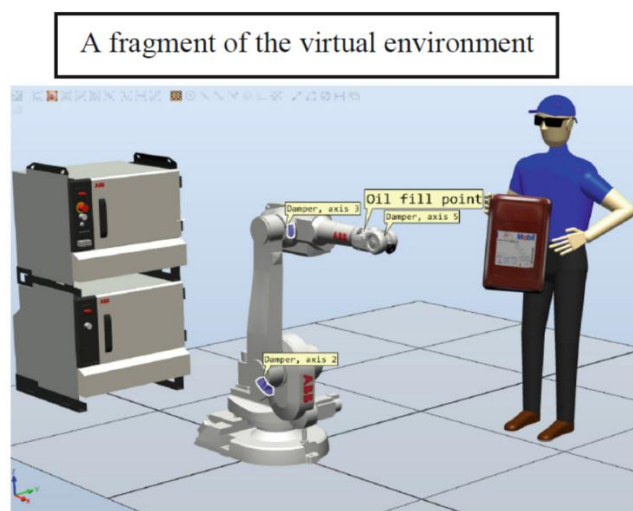


Rys. 4.11. Schemat ideowy procesu programowania z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości

Innowacyjność opracowanej techniki programowania robotów polega na generowaniu punktów ścieżek robota podczas wirtualnych eksperymentów. Elementami rozwiązania są gogle i kontrolery do wirtualnej rzeczywistości o dużej precyzji, model cyfrowy stacji zrobotyzowanej oraz elementy, na które oddziałuje człowiek. W **artykule [5]** oraz **monografii** pokazano ideę opracowanej metodyki, algorytm wykonywania oraz wdrożony przykład realizacji.

W **pracach [4] i [8]** pokazano możliwości zastosowania wirtualnej rzeczywistości w zastosowaniach projektowania stacji zrobotyzowanych oraz realizacji serwisowania i szkoleń. Projekty stacji zrobotyzowanych oraz cykl szkoleń powstały w ramach realizacji

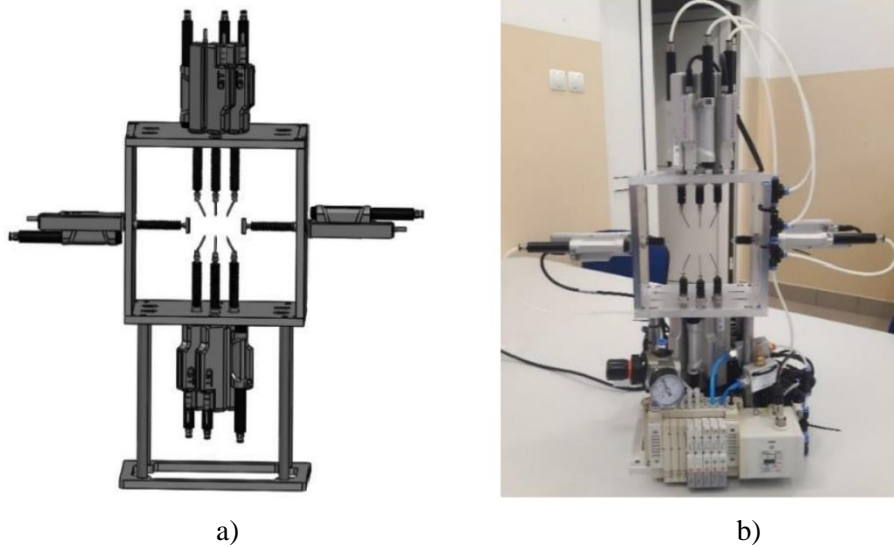
projektu pt. „Kształcenie dualne w kontekście wyzwań Przemysłu 4.0. Project: EOG/19/K3/W/0037. Projekt powstał we współpracy z International Development Norway (IDN) oraz Pratt&Whitney Rzeszów Spółka Akcyjna i zakładał promocję sektora VET poprzez opracowanie, a następnie upowszechnienie oferty szkoleniowej dotyczącej wyzwań wynikających ze zmian technologicznych Przemysłu 4.0. W pracy [4] zaprezentowano przykład stacji zrobotyzowanej zaprojektowanej z wykorzystaniem VR oraz pokazano możliwości wynikające z zastosowania wirtualnych narzędzi. Praca [8] dotyczy tematyki wykorzystania wirtualnej rzeczywistości w szkoleniach (rys. 4.12) z zakresu obsługi i konserwacji robotów i stanowisk zrobotyzowanych.



Rys. 4.12. Widok wirtualnego szkolenia realizowanego z zastosowaniem modeli cyfrowych

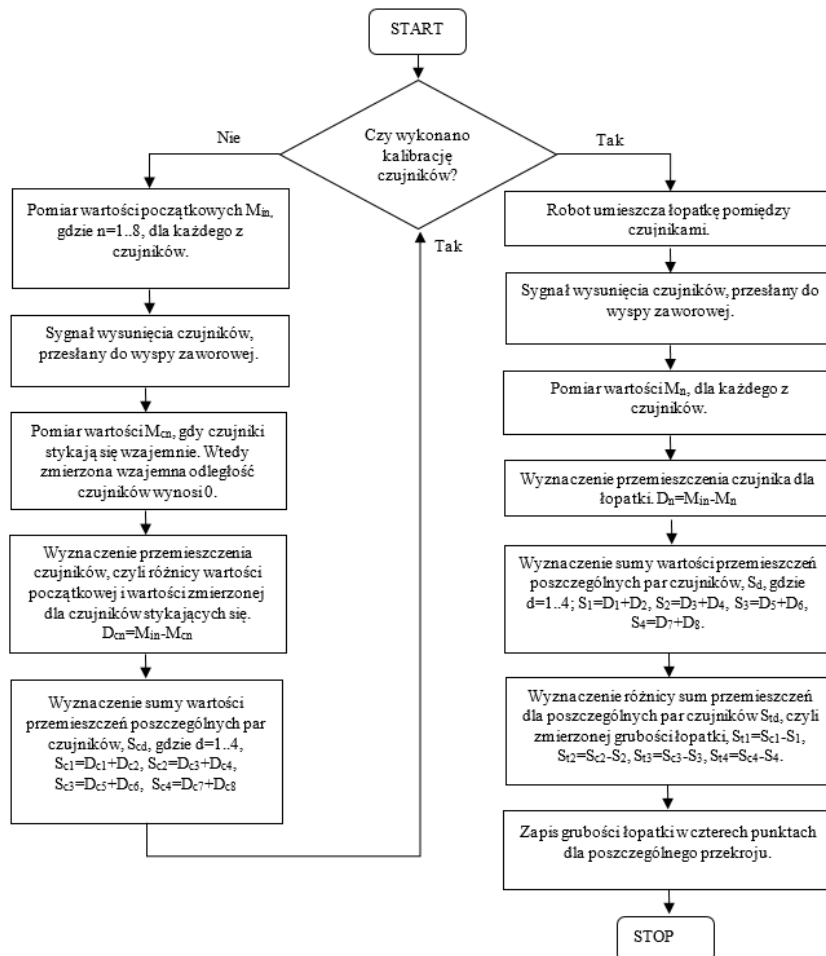
Opracowane szkolenia korzystają z wirtualnej rzeczywistości, dzięki czemu mają charakter interaktywny i pozwalają zaawansowane operacje bez ryzyka uszkodzenia drogiego sprzętu. Ze względu na zastosowanie do szkoleń modeli cyfrowych możliwe jest ich przeprowadzenie jeszcze przed wdrożeniem stacji zrobotyzowanej co skraca czas implementacji.

Artykuł [3] dotyczy opracowaniu projektu modułu (rys. 4.13) i struktury komunikacji z elementami stacji zrobotyzowanej. Zaprojektowane, zbudowane i wdrożone rozwiązanie jest elementem zrobotyzowanej stacji do obróbki łopatek silników odrzutowych. Zadaniem modułu jest pomiar parametrów geometrycznych łopatki sprężarki silnika lotniczego. Pozostałymi elementami stacji są: robot z kontrolą siły, elementy związane ze szlifowaniem typu elektrowrzeciona oraz systemy bezpieczeństwa. W przypadku tego rozwiązania do projektowania i testów wykorzystano modele cyfrowe oraz oprogramowania CAD i Robot Studio.



Rys. 4.13. Moduł do pomiaru parametrów geometrycznych łopatek silników odrzutowych, a) model CAD, b) zbudowane urządzenie

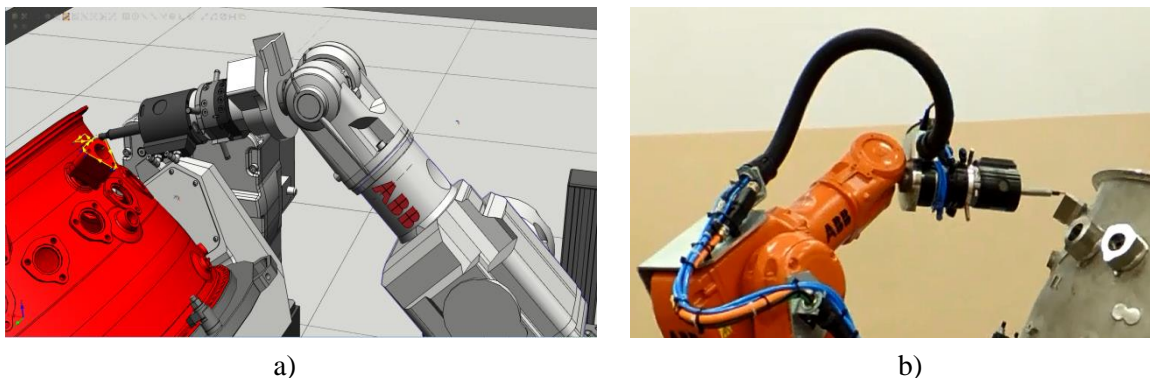
Istotnym zganieniem okazało się opracowanie algorytmu (rys. 4.14) wyznaczania grubości łopatki na podstawie pomiaru odległości oraz kalibracja modułu.



Rys. 4.14. Algorytmu wyznaczania grubości łopatki na podstawie pomiaru odległości

Algorytm ten został zaimplementowany w języku Rapid na kontrolerze robota IRC5 firmy ABB. Algorytm wyznacza grubość łopatki w danym przekroju w trzech punktach na piórze oraz wartość cięciwy. Zastosowany algorytm pozwala zmierzyć grubość przekroju łopatki niezależnie od jej położenia w osi Z modułu. Błąd pozycji łopatki w innych osiach wynika z powtarzalności robota równej 0,06 mm oraz błędu zamocowania łopatki w chwytaku. Uzyskane dane mogą zostać wykorzystane do procesu szlifowania łopatek, określenia parametrów układu kontroli siły robota, wyświetlone na panelu operatorskim lub wykorzystane do przygotowania raportu z pomiaru. Opracowane rozwiązanie zrobotyzowanej obróbki łopatek wdrożono w firmie Ultratech sp. z o.o.

Artykuł [6] dotyczy zagadnień związanych z technologią zrobotyzowanej obróbki (rys. 4.15) oraz tematyki projektowania elementów stacji. W artykule scharakteryzowano opracowane rozwiązania oraz pokazano dobór parametrów procesu w zrobotyzowanym gratowaniu elementów dyfuzora silnika odrzutowego V2500.

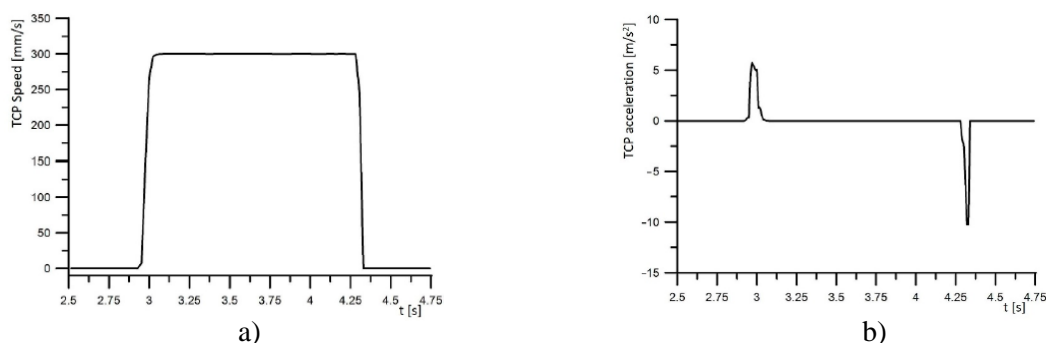


Rys. 4.15. Realizacja gratowania w ruchach zależnych: a) modelowanie w programie Robot Studio, b) rzeczywista obróbka części

Prezentowana w artykule metodologia doboru i optymalizacji parametrów procesu dotyczy etapu zrobotyzowanego wykonywania fazy zatępienia krawędzi narzędziem pneumatycznym z progresją siły nacisku. W klasycznym podejściu do programowania ruchu robota przyjmuje się nieruchomo zamocowany detal, z którym związana jest trajektoria. W takim przypadku dla realizacji ruchu wzdłuż złożonych kształtów konieczna jest zmiana kątów w przegubach robota. Im bardziej złożony kształt tym większe wartości prędkości i przyspieszeń w przegubach. Powoduje to duże niedokładności realizacji zadanej prędkości punktu TCP narzędzia. W procesach obróbczych skutkuje to zmianą np. szerokości wykonanego zatępienia. W celu zapewnienia gładkości powierzchni i braku miejsc ze znaczą fluktuacją wartości usuwanego materiału pracę zrealizowano z wykorzystaniem ruchów zależnych MultiMove. Polegają one na jednoczesnym ruchu przedmiotem

obrabanym i narzędziem. Pozwala to na zmniejszenie szybkości zmian ruchów w złączach robota (przemieszczenia pozycjonera pomaga w realizacji trajektorii). Kontroler robota komunikuje się cyfrowo z układem zadawania ciśnienia współpracującym z narzędziem FDB150. W artykule zaproponowano eksperyment pomiarowy polegający na wyznaczeniu szerokości realizowanej fazy w funkcji sił kontaktu. Przeprowadzone prace pozwoliły na wyciągnięcie wniosków, iż istnieje szeroka gama parametrów procesu takich jak np. siła kontaktu, prędkość ruchu punktu TCP, które przy zadanej nominalnej dla narzędzia FDB150 prędkości zapewnią zatępienie krawędzi zgodnie z dokumentacją. Zaproponowana procedura optymalizacji pozwoliła na wskazanie zbioru parametrów procesu zapewniających realizację zgodnie z wymogami zdefiniowanymi w dokumentacji. Proponowane rozwiązanie ma charakter inżynierski i nie jest klasycznym poszukiwaniem ekstremum funkcji z punktu widzenia dwóch przyjętych kryteriów (wskaźników jakości). Zaletą proponowanego rozwiązania jest prostota zapewniająca poprawę jakości wykonania zatępienia, co z punktu widzenia zastosowania przemysłowego jest bardzo ważne. Prace zaprezentowane w artykule związane były z realizacją projektu INNOTECH–K2/IN2/66/182991/NCBR/13 pt. „Opracowanie procesu zrobotyzowanego zatępienia krawędzi elementów o zmiennym kształcie stosowanych w silnikach lotniczych z wykorzystaniem systemu automatycznej adaptacji trajektorii narzędzia.” Opracowana technologia została wdrożona na 1 stacji zrobotyzowanej w firmie Pratt & Whitney Rzeszów Spółka Akcyjna.

Artykuł [7] związany jest z projektowaniem i obsługą stacji zrobotyzowanych w aspekcie rejestracji oraz analizy parametrów pracy robota typu prędkość TCP (rys. 4.16), przyspieszenie TCP, moc itd.

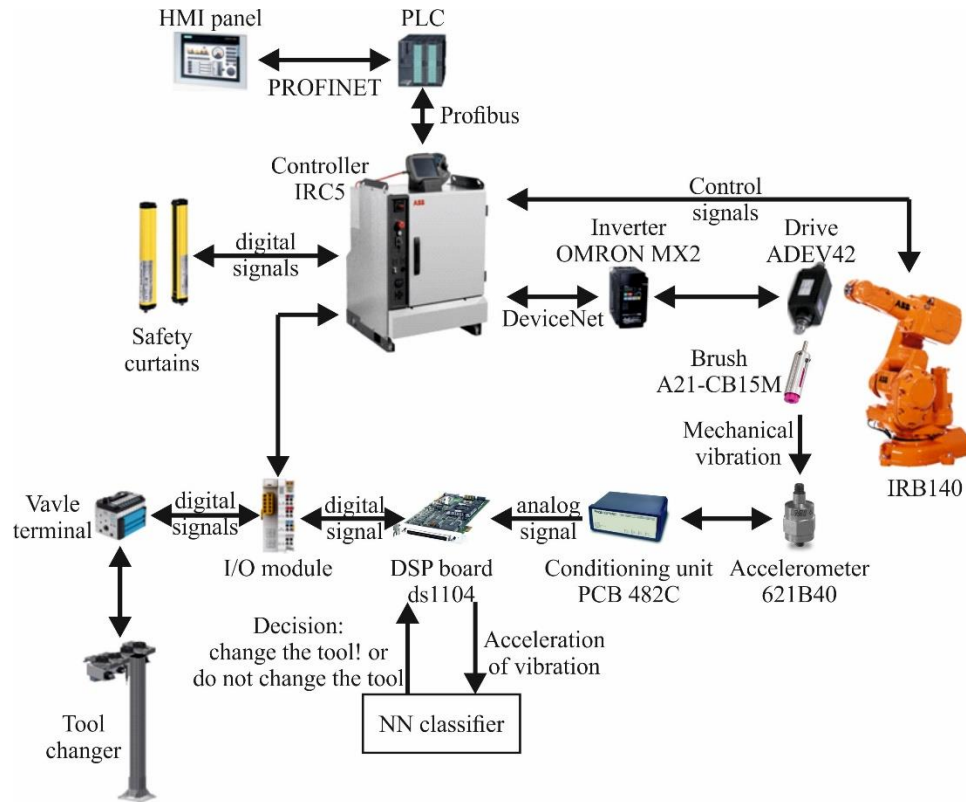


Rys. 4.16. Parametry ruchu punktu TCP robota, a) prędkość TCP, b) przyspieszenie TCP

Powstał on w wyniku wieloletnich prac zawiązanych z robotyzacją procesów takich jak obróbka skrawaniem, nakładanie kleju, spawanie i malowanie. Wymienione procesy oprócz

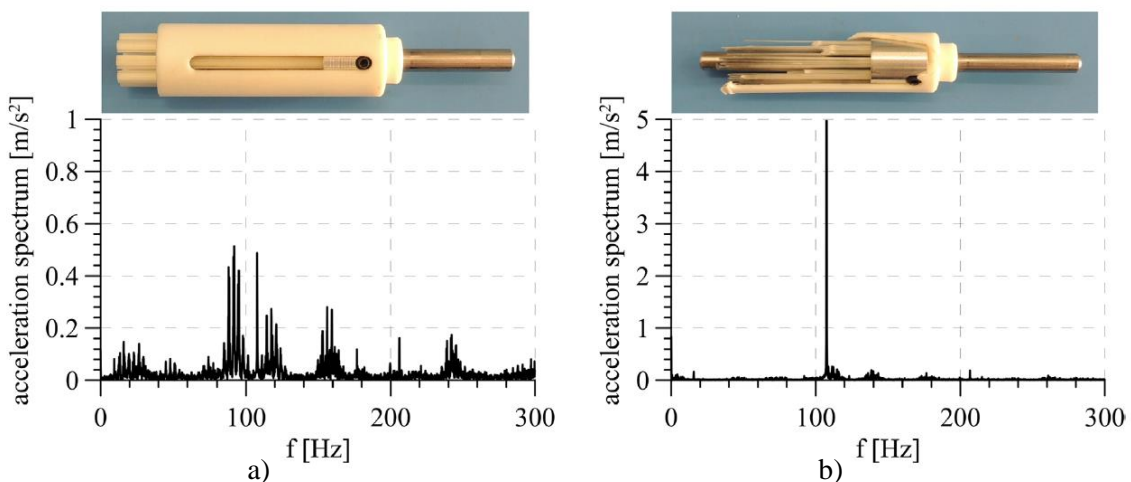
poprawnej realizacji trajektorii wymagają zapewnienia zdefiniowanych w oprogramowaniu robota parametrów typu prędkość. Spotykane obecnie roboty charakteryzują się realizacją ścieżki z bardzo dużą powtarzalnością przy braku zapewnienia zdefiniowanej prędkości ruchu. Wynika to również z zapisów normy PN-ISO 9283. Przy trajektoriach w których obserwujemy rekonfigurację ramion robota błędy zdefiniowanej prędkości są rzędu 60-70%. W celu poprawy kontroli zdefiniowanego procesu zrobotyzowanego należy kontrolować zdefiniowaną ścieżkę i obserwować zadany profil prędkości. Wtedy mamy możliwość kontroli i korekcji parametrów prędkości. Wszystkie parametry do oceny ścieżki robota w przypadku robotów ABB są dostępne w oprogramowaniu Robot Studio. Inne parametry jak prędkość, przyspieszenie, siły kontaktu, pobór energii itp. można rejestrować z wykorzystaniem dodatkowego oprogramowania. Wbudowana w Robot Studio opcja Signal Analyzer pozwala na rejestrację parametrów kinematycznych robota, przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń zarówno parametrów złączowych jak i parametrów ruchu punktu TCP w różnych układach odniesienia, rejestrację poboru energii, przy czym wszystkie wymienione dane można zapisywać w szerokim horyzoncie czasowym przy stanowisku jak i w sposób zdalny z wykorzystaniem komunikacji sieciowej. Zaproponowane w artykule podejście pozwala poprawić jakość realizowanych procesów zrobotyzowanych. Przedstawia dostępne informatyczne narzędzia monitorowania parametrów stacji zrobotyzowanych oraz sposób ich wykorzystania. Na przykładach realizacji stacji zrobotyzowanych w przemyśle pokazuje zalety proponowanych rozwiązań oraz ich ograniczenia.

Publikacja [9] dotyczy opracowania elementów systemu, algorytmu oraz oprogramowania do analizy stanu narzędzi w stacjach zrobotyzowanych (rys. 4.17) z zastosowaniem czujników pomiarowych i układu kontroli siły.



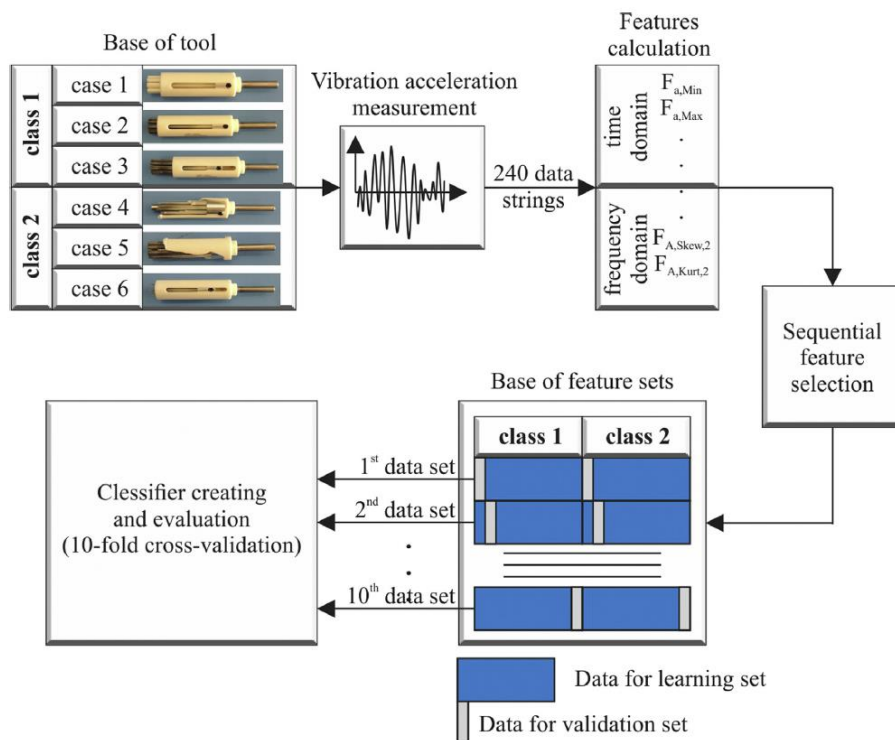
Rys. 4.17. Schemat stacji zrobotyzowanej z zaimplementowanym klasyfikatorem stanu narzędzia

W ramach artykułu opracowano metodę przetwarzania i analizy sygnałów pomiarowych wykorzystywaną w problematyce diagnozowania stanu narzędzia manipulatora. Analizę sygnałów (rys. 4.18) przeprowadzono w dziedzinie czasu i częstotliwości. Sygnałami wykorzystanymi w analizie były drgania mechaniczne oraz prędkość obrotowa narzędzia.



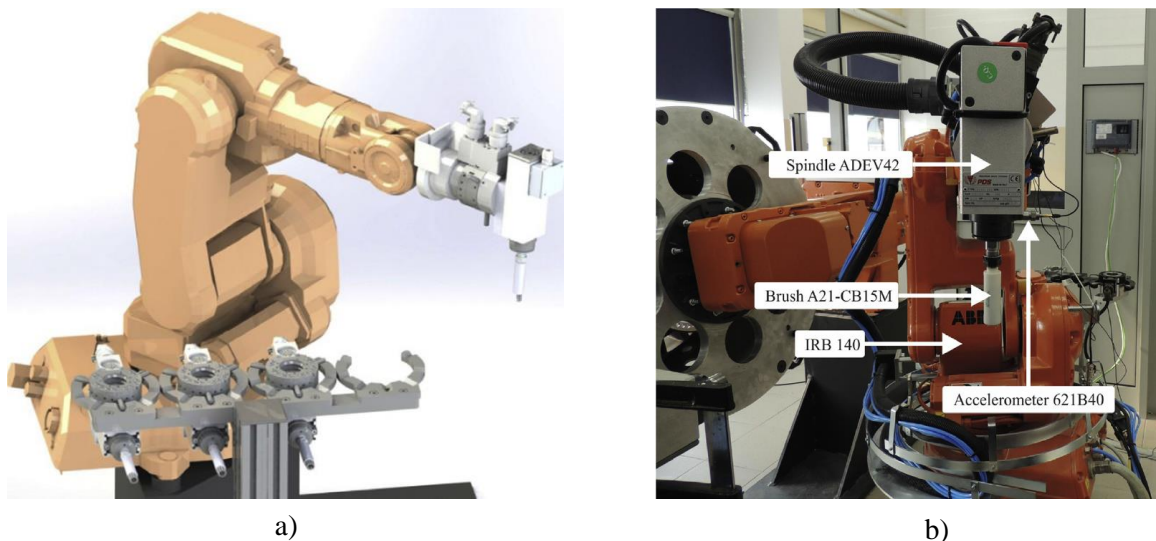
Rys. 4.18. Wybrane dane dla testowanych narzędzi, a) narzędzie nowe, b) narzędzie uszkodzone

Zbudowany został i wdrożony na stacji zrobotyzowanej klasyfikator stanu narzędzia (rys. 4.19), który ma postać sztucznej sieci neuronowej.



Rys. 4.19. Schemat przetwarzania danych pomiarowych wraz z klasyfikatorem

Otrzymany klasyfikator działa online na zrobotyzowanym systemie (rys. 4.20) i generuje informację diagnostyczną o stanie narzędzia.



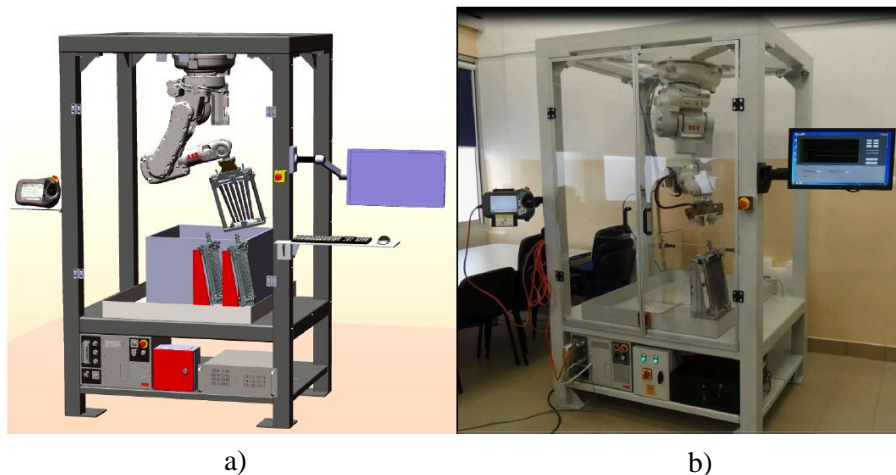
Rys. 4.20. System zrobotyzowany, a) model CAD, b) zdjęcie rzeczywistego rozwiązania

W przypadku wykrycia uszkodzenia narzędzie zmieniane jest na następne, a operator robota otrzymuje informacje na ręcznym kontrolerze o konieczności zmiany uszkodzonej szczotki.

Jeśli po przeprowadzeniu testów wykryto, że narzędzie jest w dobrym stanie wykonywana jest zrobotyzowana obróbka, a następnie wykorzystane narzędzie jest odkładane na miejsce. W przypadku uszkodzenia wszystkich szczotek w narzędziach proces zrobotyzowanej obróbki jest zatrzymywany a operator musi wymienić wszystkie szczotki.

Prace realizowane w ramach artykułu związane były z projektem INNOTECH–K2/IN2/66/182991/NCBR/13 pt. „Opracowanie procesu zrobotyzowanego zatępienia krawędzi elementów o zmiennym kształcie stosowanych w silnikach lotniczych z wykorzystaniem systemu automatycznej adaptacji trajektorii narzędzia.”

Artykuł [10] dotyczy osiągnięcia związanego z projektem i konstrukcją zrobotyzowanego stanowiska (rys. 4.21) oraz opracowaniem technologii pomiarów parametrów geometrycznych segmentów aparatów kierujących silników odrzutowych. W artykule przedstawiono technologię badań oraz zrobotyzowane stanowisko dedykowane do pomiarów ultradźwiękowych. Artykuł prezentuje metodykę projektowania wykorzystującą systemy CAD, narzędzie Autodesk Robot Structural Analysis oraz oprogramowanie do programowania robotów offline Robot Studio.



Rys. 4.21. Zrobotyzowane stanowisko do pomiarów parametrów geometrycznych segmentów aparatów, a) model CAD, b) zdjęcie rzeczywistego rozwiązania

Innowacyjnym rozwiązaniem scharakteryzowanym w artykule jest automatyczny system reorientacji detalu względem narzędzia wykorzystujący parametry sygnału z czujnika ultradźwiękowego. Proces realizowany jest iteracyjnie, aż do uzyskania prawidłowego sygnału wynikającego z prostopadłości powierzchni łopatki względem czujnika pomiarowego. Prace były realizowane w latach 2014-2016, w ramach projektu DEMONSTRATOR PLUS UOD-DEM-1-557/001 pt. „Testowanie krytycznych elementów silnika lotniczego o podwyższonych parametrach użytkowych”.

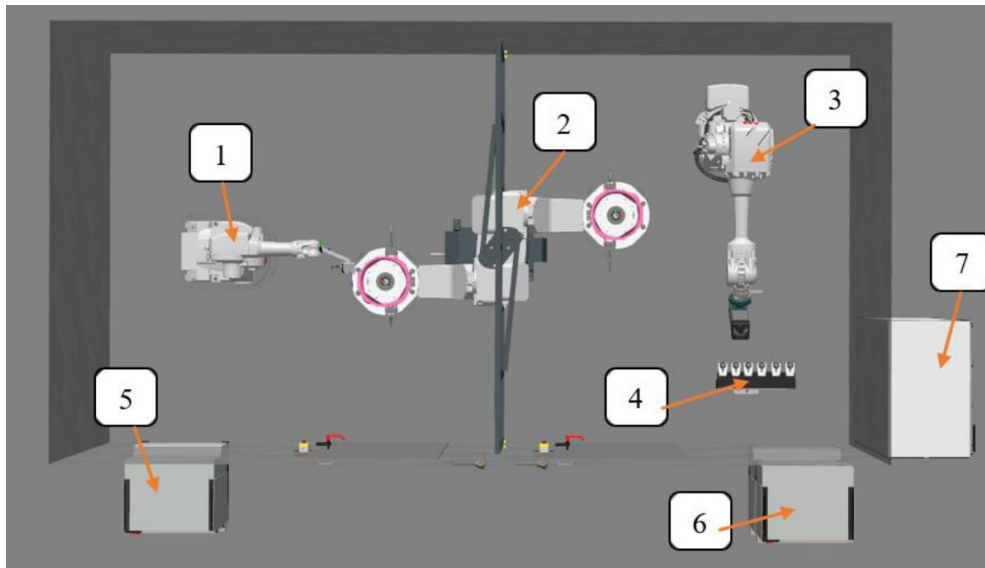
4.5. Oryginalne osiągnięcia projektowe, konstrukcyjne, technologiczne

Osiągnięcia związane z implementacją autorskich metod projektowania stacji zrobotyzowanych oraz programowania robotów przemysłowych potwierdzone są realizacją rozwiązań projektowych, konstrukcyjnych i technologicznych wymienionych w punkcie 4.1 oraz wdrożeniami opisanymi w Załączniku nr 4, punkt III.4.

Ze względu na zastosowanie w rozwiązaniach projektowych i konstrukcyjnych idei cyfrowych bliźniaków wszystkie spośród osiągnięć scharakteryzowano szczegółowo w rozdziale 9 monografii. W tym miejscu zdecydowano się przytoczyć najważniejsze cechy opracowanych osiągnięć.

Zrobotyzowana stacja do obróbki elementów odlewanych

W przypadku projektu i konstrukcji zrobotyzowanego stanowiska oraz technologii obróbki skrawaniem detali o kształcie zmiennym losowo została zaprojektowana, wykonana oraz wdrożona zrobotyzowana stacja obróbcza. Projekt stacji i wdrożenie realizowane były w firmie Odlewnia Kutno Sp. z o.o. w ramach grantu NCBiR POIR.01.01.01-00-0804/17 pt. „Opracowanie i uruchomienie technologii wytwarzania wysokodokładnych odlewów żeliwnych dla sektora automotive z wykorzystaniem metodyki INDUSTRY 4.0”. W opisywanej stacji istotny był aspekt projektowania i programowania stacji, pozycjonowania jej elementów oraz adaptacji trajektorii narzędzia robota. W procesie obrabiane są detale o kształcie w ograniczonym zakresie zmiennym losowo (odlewy). Spowodowane jest to faktem zmiennej dokładności wykonania form odlewniczych i zjawiskiem skurczu w trakcie krzepnięcia. Generuje to trudności z precyzyjnym definiowaniem kształtu, co z kolei skutkuje koniecznością stosowania ręcznej obróbki (usuwanie tzw. wypływek, nadlewek). Zgodnie z przyjętą metodyką do modelowania i projektowania elementów stanowiska zrobotyzowanego zastosowano oprogramowanie do programowania robotów offline oraz CAD. Takie podejście pozwoliło na wykonanie zaawansowanych symulacji pracy stanowisk, analizę kolizji, zasięgów robotów itd. W procesie projektowania powstało kilka koncepcji stacji różniących się m.in. liczbą robotów oraz układem narzędzi. Po przeprowadzeniu wirtualnych testów na modelach cyfrowych zdecydowano się zrealizować projekt stanowiska z wykorzystaniem: pozycjonera pięciosiowego, robota firmy ABB IRB 1600 ze skanerem laserowym 2D firmy Keyence, robota ABB IRB 4600 z elektrowrzecionem oraz magazynu narzędzi (rys. 4.22).



Rys. 4.22. Model cyfrowy stacji z zaznaczonymi elementami, 1) robot IRB 1600 ze skanerem Keyence, 2) pięcioosiowy pozycjoner IRBP B250, 3) robot IRB 4600 z elektrownicą i czujnikiem siły, 4) magazyn narzędzi, 5) kontroler robota IRB 1600, 6) kontroler robota IRB 4600, 7) szafa elektryczna

Dzięki zastosowaniu autorskiej, hybrydowej metody programowania napisano oprogramowanie na obydwa kontrolery robotów. Podczas prac wykorzystano możliwość generowania punktów ścieżki robota na podstawie modelu CAD detalu. Głównym elementem zapewniającym bezpieczeństwo jest wygradzenie jako skuteczny i prosty sposób na uniknięcie wtargnięcia w strefę zasięgu robotów. Funkcjonowanie stacji zostało przetestowane podczas wieloetapowych badań w laboratorium Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza (rys. 4.23).



Rys. 4.23. Zdjęcie stanowiska podczas testów w laboratorium

Po testach w laboratorium stanowisko (rys. 4.24) zostało przetransportowane do zakładu produkcyjnego.

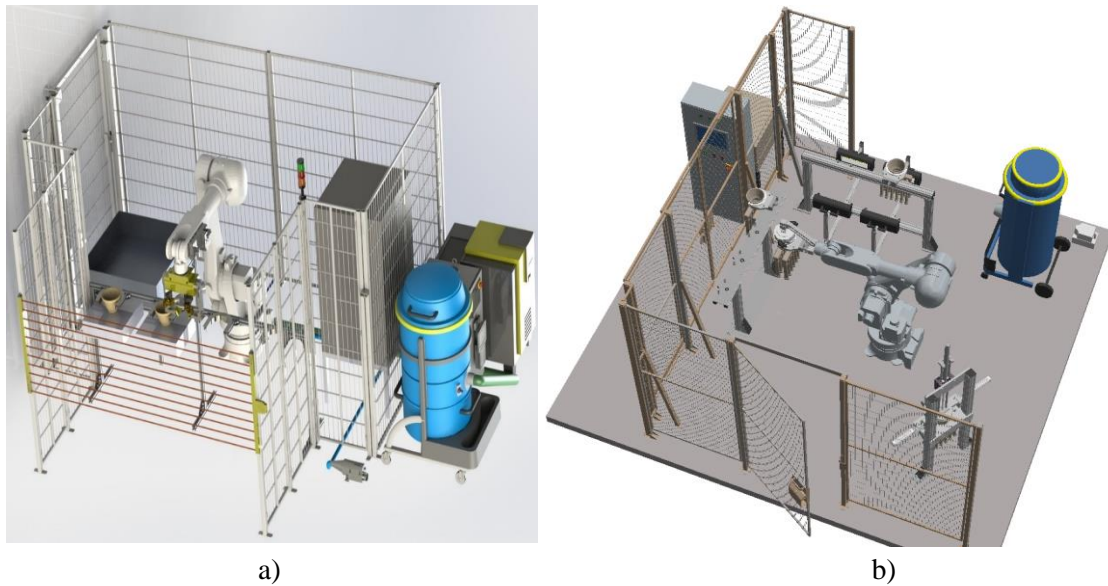


Rys. 4.24. Zdjęcie stanowiska wdrożonego w odlewni

Przeniesienie stacji w inne miejsce wymusiło korekcję ustawienia robotów, pozycjonera, magazynu narzędzi oraz układów współrzędnych związanych ze skanowaniem oraz obróbką. Po wykonaniu korekcji oraz kalibracji ustawień stacji wykonano kolejne testy funkcjonowania w warunkach produkcyjnych.

Zrobotyzowana stacja do przygotowania form odlewniczych

Stacja zrobotyzowana do przygotowania form odlewniczych związana jest z projektem i konstrukcją stanowiska oraz opracowaniem technologii dla aparatów kierujących turbin lotniczych. W przypadku stacji do przygotowania form odlewniczych projekt i wdrożenie realizowane były w firmie CPP (Consolidated Precision Products Poland sp. z o.o.) w ramach projektu NCBiR POIR.01.01.01-00-0763/17 pt. „Opracowanie technologii wytwarzania oraz wdrożenie do produkcji aparatów kierujących lotniczej turbiny niskiego ciśnienia”. Realizowane prace projektowe oraz wdrożeniowe dotyczyły budowy zrobotyzowanego stanowiska (rys. 4.25) do mycia, suszenia i sprawdzania szczelności form odlewniczych aparatów kierujących lotniczej turbiny niskiego ciśnienia.



Rys. 4.25. Modele cyfrowy wraz z wygradzeniem stacji zrobotyzowanej, a) jedna z koncepcji powstała podczas prac projektowych, b) projekt, który został zrealizowany

Proces przygotowania precyzyjnych wielowarstwowych ceramicznych form odlewniczych jest operacją żmudną i czasochłonną, wykonywaną wcześniej ręcznie. Zadaniem opracowanego stanowiska z robotem przemysłowym było wykonanie sekwencji operacji:

- czyszczenie form z wykorzystaniem podciśnienia;
- mycie z wykorzystaniem specjalistycznego środka oczyszczającego;
- badania szczelności form;
- automatyczny proces suszenia z wykorzystaniem promienników podczerwieni.

Podczas fazy projektowania współpraca narzędzi CAD oraz oprogramowania do programowania off-line robotów pozwoliły na iteracyjną modyfikację projektu stacji. Powstało kilkanaście wersji cyfrowych stacji wykorzystujących różne koncepcje i narzędzia. Na podstawie wielu symulacji wirtualnych możliwe było ograniczenie kosztów i wybranie do realizacji przetestowanego cyfrowo rozwiązania. W ramach zadania wykonano projekt stacji zrobotyzowanej, model 3D w oprogramowaniu CAD, zakupiono elementy stacji zrobotyzowanej, zaprogramowano robota oraz sterowniki PLC i bezpieczeństwa. Rozwiązanie zostało wdrożone do CPP oraz wykonano szkolenia pracowników. Stacja zrobotyzowana została zaprojektowana i wdrożona do produkcji w 2022 r. Na rys. 4.26. stacja pokazana została podczas prac montażowych w odlewni.

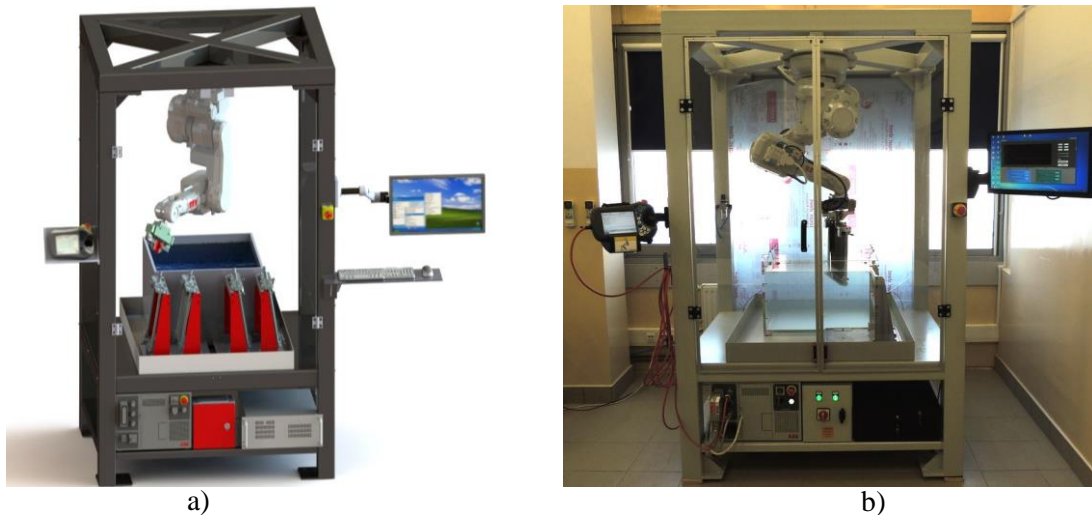


Rys. 4.26. Zdjęcie stacji zrobotyzowanej podczas prac montażowych

Przyjęta podczas procesu projektowania metodyka wykorzystująca ideę cyfrowych bliźniaków zaowocowała możliwością szybkiej realizacji innowacyjnej stacji zrobotyzowanej. Zastosowanie modelu cyfrowego pozwoliło projektować równolegle poszczególne elementy stacji co skróciło czas realizacji. Zastosowanie sprzężenia model cyfrowy – rzeczywisty obiekt umożliwiło zastosowanie technik programowania hybrydowego robota, zwiększyło bezpieczeństwo podczas programowania oraz skróciło czas tego etapu. Dzięki narzędziom cyfrowego bliźniaka obecnie możliwe jest monitorowanie wybranych parametrów pracy stacji oraz wprowadzanie szybkich zmian oprogramowania.

Zrobotyzowana stacja do badań nieniszczących segmentów aparatów kierujących silnika odrzutowego

Stacja zrobotyzowana do badań nieniszczących segmentów aparatów kierujących związana jest z projektem i konstrukcją stanowiska zrobotyzowanego oraz opracowaniem technologii pomiarów. Osiągnięcie to scharakteryzowane jest w publikacji [10] oraz rozdziale 9 monografii. Stanowisko to powstało w ramach projektu NCBiR Program DEMONSTRATOR PLUS UOD-DEM-1-557/001 pt. „Testowanie krytycznych elementów silnika lotniczego o podwyższonych parametrach użytkowych”. W ramach grantu m.in. zaprojektowano oraz wykonano zrobotyzowaną stację (rys. 4.27) do kontroli segmentów aparatów kierujących silnika odrzutowego Alliance GP7000 samolotu Airbus A380.



Rys. 4.27. Stacja zrobotyzowana do badań nieniszczących segmentów aparatów kierujących, a) model CAD, b) zdjęcie rzeczywistego stanowiska

W ramach prowadzonych prac wykonany został projekt stacji zrobotyzowanej, oprogramowanie stanowiska, dobrano technologię pomiaru oraz wykonano demonstrator technologii. W pracy [10] przedstawiono proces realizacji projektu wykorzystujący współpracę oraz wymianę danych: oprogramowanie CAD – narzędzie programowania robotów off-line. Została tam zastosowana idea cyfrowych bliźniaków oraz dwustronna wymiana danych model cyfrowy – rzeczywista stacja. Opracowane rozwiązania przetestowano na rzeczywistym obiekcie i wdrożono na stanowisku badawczym.

4.6. Podsumowanie

Wymienione w punkcie 4.1 osiągnięcia naukowe dotyczą implementacji autorskich metod projektowania stacji zrobotyzowanych oraz programowania robotów. Autorskie metody przedstawione w monografii oraz cyklu artykułów opierają się na wykorzystaniu metodyki projektowania mechatronicznego rozszerzonej o zastosowanie narzędzi programowania robotów offline, idei cyfrowych bliźniaków oraz absolutnego trakera laserowego. Prace nad metodyką projektowania mechatronicznego prowadzono w ramach pracy doktorskiej, udowodniono tam, że dzięki zastosowaniu oprogramowania CAD oraz szerzej CAE, można zminimalizować czas do uzyskania wirtualnego prototypu i rzeczywistego obiektu. W przypadku stacji zrobotyzowanych dodanie do metodyki projektowania mechatronicznego rozwiązań przedstawionych w monografii i artykułach pozwala na:

- programowanie robota metodami hybrydowymi, w tym dwoma zaproponowanymi rozwiązaniami autorskimi [1], [2], [5];

- modelowanie funkcjonowania elementów stacji, implementację autorskich rozwiązań technologicznych i algorytmów [3], [6], [7], [9], [10];
- dodawanie, modyfikację oraz optymalizację programów z rzeczywistego robota dzięki narzędziom off-line i precyzji wynikającej z zastosowania trackera laserowego;
- określanie czasów cykli oraz analizę możliwych kolizji;
- możliwość tworzenia oprogramowania i symulacji funkcjonowania rozwiązań ze sterownikami PLC oraz narzędziami typu Matlab;
- szkolenia programistów oraz obsługi stacji na jej cyfrowym bliźniaku;
- zastosowanie wirtualnej i rozszerzonej rzeczywistości do szkoleń [4], [8].

Z zastosowania w projektowaniu stacji zrobotyzowanej zarówno modelu cyfrowego jak i w pełni idei cyfrowych bliźniaków wynikają korzyści związane ze skróceniem czasu projektowania, realizacją zaawansowanych symulacji i możliwością dokładnej analizy aspektów bezpieczeństwa i ergonomii. Zastosowanie cyfrowych bliźniaków umożliwia bezpieczne, wygodne oraz wydajne programowanie robotów przy zachowaniu zadawalających parametrów dokładności.

Za moje najważniejsze osiągnięcia naukowe uważam:

- projekty i konstrukcje zrobotyzowanych stanowisk oraz opracowanie technologii do obróbki skrawaniem detali o kształcie zmiennym losowo, przygotowania form odlewniczych aparatów kierujących osiowych turbin lotniczych oraz pomiarów parametrów geometrycznych segmentów aparatów kierujących;
- realizację wdrożeń w przemyśle opracowanych rozwiązań projektowych, konstrukcyjnych oraz technologicznych;
- opracowanie metodyki budowy cyfrowych bliźniaków stacji zrobotyzowanych oraz rozwiązywania podstawowego problemu programowania offline robotów, czyli ograniczonej dokładności odwzorowania stanowiska oraz detali;
- rozwinięcie metodyki projektowania mechatronicznego poprzez zastosowanie narzędzi programowania robotów offline, idei cyfrowych bliźniaków oraz absolutnego trackera laserowego;
- opracowane i implementację w stacjach zrobotyzowanych zaawansowanych rozwiązań typu klasyfikator stanu narzędzi z zastosowaniem sieci neuronowej czy algorytm pomiaru parametrów łopatek silników odrzutowych;
- opracowanie dwóch autorskich technik programowania robotów przemysłowych oraz zastosowanie ich we wdrożeniach.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Istotna aktywność naukowa w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej realizowana była w ramach:

- Projektu „Kształcenie dualne w kontekście wyzwań Przemysłu 4.0”. W latach 2020 do 2022 byłem jednym z głównych wykonawców projektu pt. „Kształcenie dualne w kontekście wyzwań Przemysłu 4.0”, finansowanego z Funduszy Norweskich, Mechanizmu Finansowego EOG Komponent III PROGRAM EDUKACJA nr dokumentu: EOG/19/K3/W/0037. Liderem projektu była Wszechnica Uniwersytetu Jagiellońskiego (WUJ), partnerem, International Development Norway (IDN) oraz Pratt&Whitney Rzeszów Spółka Akcyjna. Projekt zakładał promocję sektora VET poprzez opracowanie, a następnie upowszechnienie oferty szkoleniowej dotyczącej wyzwań wynikających ze zmian technologicznych Przemysłu 4.0. Powstały produkt w postaci szkoleń VR w ramach projektu nr EOG/19/K3/W/0037 ma niewątpliwie charakter aplikacyjny, co potwierdzono wdrożeniami krajowymi i zagranicznymi. Szkolenia te zostały włączone do oferty partnerów oraz są dostępne jako OZE. W ramach projektu na Politechnice Rzeszowskiej powstały produkty w postaci wirtualnych szkoleń z zakresu serwisowania stacji zrobotyzowanych. W związku z projektem uczestniczyłem w:
 - Staż/Szkolenie. Miejsce: Trondheim Norwegia, siedziba IDN (International Development Norway), 18.01.2022 do 22.01.2022, uczestnicy NTNU (Norwegian University of Science and Technology) oraz SINTIEF (największa niezależna organizacja badawcza w Europie), tematyka prac dotyczyła opracowania produktu w postaci wirtualnych szkoleń z zakresu serwisowania stacji zrobotyzowanych;
 - Staż/Szkolenie. Miejsce: Oslo, Norwegia, 27.09.2021 do 02.10.2021 uczestnicy NTNU (Norwegian University of Science and Technology) oraz SINTIEF (największa niezależna organizacja badawcza w Europie), tematyka prac dotyczyła poprawy właściwości aplikacyjnych szkoleń w kontekście norweskiego
 - Wizyta studyjna. Miejsce: Kraków (organizator WUJ), 14.02.2022 do 15.02.2022, podczas tej wizyty organizowanej przez WUJ opracowano

mechanizmy monitorowania skuteczności proponowanych produktów dla firm krajowych i przedsiębiorców norweskich.

- Projektu „JANUS - e-Pedagogy and Virtual Reality Based Robotic Blended Education” nr: 2020-1-PL01-KA226-HE-095371. Tematyka prac dotyczyła opracowania modeli cyfrowych laboratoriów Politechniki Rzeszowskiej oraz Politecnico di Torino. W ramach projektu uczestniczyłem w:
 - Staż/Szkolenie. Miejsce: Turyn, Politecnico di Torino, Włochy, 2022-09-04 do 2022-09-07.
- Współpracy z Akademią Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie. Mój doktorat pt. „Mechatroniczne projektowanie inspekcyjnego robota gaśnicowego” realizowany był w ramach projektu pt. „Zastosowanie sztucznej inteligencji w mechatronicznym projektowaniu gaśnicowych robotów inspekcyjnych”, grant nr: N N501 054440. Projekt realizowany był na AGH, a jego kierownikiem był prof. dr hab. inż. Józef Giergiel. Znaczna część prac badawczych realizowana była przeze mnie na AGH w ramach umów cywilno-prawnych np. nr 17.17.130.041. Ze względu na realizację studiów doktoranckich obrona pracy odbyła się na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza. W ramach prac związanych z budową robotów inspekcyjnych brałem udział w projekcie realizowanym na AGH pt. „Mechatroniczne projektowanie robotów do diagnostyki i konserwacji zbiorników z cieczą”, grant nr: N R03 005710. Kierownikiem projektu był dr. hab. inż. Mariusz Giergiel prof. AGH, prace realizowane były na AGH oraz w Miejskim Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji w Krakowie. Znaczna część prac badawczych realizowana była przeze mnie na AGH w ramach umów cywilno-prawnych. W wyniku realizacji prac powstała monografia: Cedro L., Dominik I., Giergiel M., Kaszuba F., Kurc K., Lalik K., Pękala S., Szybicki D., Zwierzchowski J. (2014). Wybrane problemy współczesnej robotyki - Zrobotyzowane czyszczenie zbiorników z cieczą, ISBN: 978-83-64755-00-2, Akademia Górniczo-Hutnicza. Współpraca z AGH była kontynuowana w tematyce robotów przemysłowych co zaowocowało wydaniem kolejnej monografii: Burghardt A., Cieślik J., Flaga S., Kurc K., Minorowicz B., Nawrocki M., Pluta J., Stefański F., Szybicki D., Zajac M. (2015). Wybrane problemy współczesnej robotyki - Metody adaptacji trajektorii robotów przemysłowych, ISBN: 978-83-64755-13-2, Akademia Górniczo-Hutnicza. Współpraca z AGH jest nadal kontynuowana o czym świadczy realizacja

umowy z 2022 r. nr 5.72.110.902 dotyczącej analizy wyników badań z Akademią Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej pt. „Umowa w ramach podwykonawstwa części badań, projekt POiR.01.01.01-00-1335/20”, w ramach realizacji umowy nr 2/2021 z dnia 20.09.2021r.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

- Realizacja kursów dla studentów i umożliwienie uzyskania certyfikatu wydanego przez firmę ABB z programowania robotów przemysłowych w ramach przedmiotu „Języki Programowania Robotów” prowadzonego na kierunku Mechatronika. Jestem osobą, która ma certyfikat ABB (Nr: 104/WA/2023) z zakresu szkolenia studentów i prowadzi ten przedmiot. Studenci zdobywają wiedzę z zakresu programowania robotów offline w środowisku programowym Robot Studio. Kurs jest realizowany dzięki porozumieniu o współpracy zawartemu między Politechniką Rzeszowską a firmą ABB (szczegóły <https://w.prz.edu.pl/uczelnia/aktualnosci/certyfikaty-abb-z-programowania-robotow-dla-studentow-kierunku-mechatronika-2402.html>);
- Opieka nad studentami oraz uczestnictwo w zawodach Robot Studio Challenge organizowanych przez firmę ABB w Warszawie w 2017. Studenci kierunku mechatronika Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej zajęli I i II miejsce w konkursie. Zadaniem było zaprojektowanie, zaprogramowanie i wykonanie symulacji zrobotyzowanej linii produkcyjnej (szczegóły <https://w.prz.edu.pl/uczelnia/aktualnosci/studenci-mechatroniki-wbmił-najlepsi-w-konkursie-robotstudio-challenge-381.html>). Podczas finału studenci pod moją opieką pokonali rywali i zajęli dwa najwyższe miejsca (Paweł Bysiewicz – I, Tomasz Drozdowski – II, na III miejscu uplasował się Kamil Bryk z Wojskowej Akademii Technicznej), ponadto jednym z wyróżnionych został Łukasz Brzozowski, również student kierunku mechatronika na PRz. Za opiekę i wsparcie Studenckiego Koła Naukowego „Mechatronik” oraz przygotowanie studentów do ogólnopolskich zawodów RobotStudio Challenge

w 2017 r. otrzymałem Nagrodę Indywidualną III stopnia Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza;

- Opieka nad studentami i uczestnictwo w zawodach Robot Studio Challenge organizowanych przez firmę ABB w Warszawie w 2018. Studenci kierunku mechatronika Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej zajęli II i III miejsce w konkursie. Laureatami zostali Marcin Piszko – student IV roku mechatroniki na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa oraz Łukasz Brzozowski – absolwent mechatroniki o specjalności robotyka i informatyka na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa (<https://w.prz.edu.pl/uczelnia/aktualnosci/studenci-prz-w-gronie-najlepszych-w-konkursie-robotstudio-challenge-1092.html>).
- W latach 2011-2017 opiekun Studenckiego Koła Naukowego „Mechatronik”, którego studenci uczestniczyli w budowie łazika marsjańskiego Legendary III. Łazik ten zajął 1 miejsce w zawodach łazików marsjańskich University Rover Challenge w USA. Za opiekę i wsparcie Studenckiego Koła Naukowego „Mechatronik” oraz przygotowanie studentów do ogólnopolskich zawodów RobotStudio Challenge w 2017 r. otrzymałem Nagrodę Indywidualną III stopnia Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza;
- **Pełnienie funkcji promotora pomocniczego** mgr inż. Pauliny Pietruś. Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza z dnia 23 marca 2022 r. IMech Nr 16/03/2022. Praca pt. „Wpływ konfiguracji manipulatora robota przemysłowego na jego właściwości drganiowe”, praca w trakcie przygotowań do złożenia.
- **Pełnienie funkcji promotora pomocniczego** mgr inż. Artur Ornata. Uchwała Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza z dnia 23 marca 2022 r. IMech Nr 21/03/2022. Temat pracy: "Synteza narzędzi dedykowanych implementowanych w zrobotyzowanych aplikacjach do obróbki części silników lotniczych", praca obroniona dnia 20.06.2023.
- Promotor 86 prac (41 inżynierskie i 45 magisterskich), recenzent 49 prac, członek 146 komisji dyplomowych.

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

- W latach 2012-2014 (3 kadencje) pełniłem funkcję Przewodniczącego Samorządu Doktorantów Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza oraz Przewodniczącego Samorządu Doktorantów WBMiL;
- W ramach obowiązków samorządowych przez 2 lata byłem członkiem: Senatu Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza, Rady Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa, Senackiej Komisji ds. Kształcenia, Komisji Stypendialnej;
- Członek zarządu i sekretarz (1 kadencja 2013 r.) Porozumienia Doktorantów Uczelni Technicznych oraz członek Komisji ds. Uczelni Technicznych Krajowej Reprezentacji Doktorantów;
- W latach 2017- 2019, Sekretarz Komisji Rekrutacyjnej na Studia Doktoranckie PRz;
- Współtwórca Laboratorium Robotyki dla Przemysłu Lotniczego, za co w 2016 r. otrzymałem Nagrodę Zespołową III stopnia Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza;
- Nagroda (2023 r.) Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza w postaci dodatku zadaniowego w związku z pozyskaniem projektów o najwyższej wartości w ramach dyscypliny Inżynieria Mechaniczna;
- Członek zespołu (2022 r.) ds. Opracowania strategii rozwoju Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza jako przedstawiciel dyscypliny Inżynieria Mechaniczna;
- W latach 2011-2014 członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej;
- Jako student w 2009 r. otrzymałem Nagrodę Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza za działalność na rzecz środowiska akademickiego Politechniki Rzeszowskiej w roku akademickim 2008/2009, jak również zaangażowanie w pracę naukowo – organizacyjną;
- Jako student w 2008 r. otrzymałem Nagrodę Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza za działalność na rzecz środowiska akademickiego Politechniki Rzeszowskiej w roku akademickim 2007/2008, jak również zaangażowanie w pracę organizacyjną.

6.3. Osiągnięcia promujące naukę

- Udział w Konferencji promującej naukę: Festiwal Nauki, 17-18 września 2017 w G2A Arena Centrum Wystawienniczo-Kongresowym Województwa Podkarpackiego, Jasionce k. Rzeszowa., temat wystąpienia: „Roboty - od fantastyki do codzienności. Wybrane zagadnienia z historii robotyki i zastosowań robotów”, wystąpienie w ramach umowy zlecenia: 24/2017 z dnia 28.08.2017 r. z firmą: Fundacja Wspierania Edukacji przy Stowarzyszeniu Dolina Lotnicza.
- Promowanie rozwiązań opracowanych w laboratorium Robotyki dla Przemysłu Lotniczego. Wystąpienie w programie telewizyjnym Aktualności TVP Rzeszów (03.2022 r.) oraz ogólnopolskiemu wydaniu programu informacyjnego Teleekspres TVP. Materiały opublikowane na stronie PRZ. (szczegół <https://w.prz.edu.pl/uczelnia/nauka/absolutny-traker-laserowy-leica-at960-3.html>)
- Artykuł w czasopiśmie branżowym Projektowanie i Konstrukcje Inżynierskie, pt. „Podejście mechatroniczne w projektowaniu stacji zrobotyzowanych w aplikacjach przemysłowych”, numer 12(123) grudzień 2017.
- Współautorstwo artykułów w Gazecie Politechniki Rzeszowskiej, numer Styczeń-Marzec 2022, s. 30-31, Absolutny traker laserowy Leica AT960, numer Październik-Grudzień 2021, s. 25-26. Sukces studentów mechatroniki w programowaniu robotów.
- Wystąpienie (2014 r.) w ogólnopolskim programie telewizyjnym TVP - Jak to działa - odc. 65 Świat bez ludzi. Omówienie budowy i zastosowań robotów inspekcyjnych. (<https://vod.tvp.pl/programy,88/jak-to-dziala-odcinki,273985/odcinek-223,S01E223,324789>);
- 2018-2021. Udział w projekcie pt. „Inżynieria mechaniczna dla przemysłu lotniczego - realizacja studiów dualnych II stopnia na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej” Projekt NCBiR w ramach Działania 3.1 Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój na lata 2014-2020, Realizowany ramach umowy nr POWR.03.01.00-00-DU 64/18, charakter udziału: wykonywanie dodatkowych zajęć dla studentów – otrzymano dodatek zadaniowy;

- 2022-2025, Udział w projekcie pt. „Politechniczna Sieć VIA CARPATIA im. Prezydenta RP Lecha Kaczyńskiego” (umowa nr MEIN/2022/DPI/2578) oraz realizacja Działania 1 — Z technikum na Politechniki, Rola w projekcie: charakter udziału: wykonywanie dodatkowych zajęć dla szkół średnich dotyczących promocji rozwiązań zrobotyzowanych – otrzymano dodatek zadaniowy.
- Wywiad dotyczący budowy oraz zastosowania robotów inspekcyjnych w dzienniku Nowiny (wydanie 9.09.2013);

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.

Jestem stypendystą Polsko-Amerykańska Fundacja Wolności w ramach programu „Stypendia Pomostowe”. Program ułatwia uzdolnionej młodzieży z małych miejscowości, zwłaszcza z terenów popegeerowskich, podjęcie decyzji o kontynuacji nauki na wyższych uczelniach poprzez stworzenie możliwości uzyskania stypendiów. Przedsięwzięcie jest finansowane przez Polsko-Amerykańską Fundację Wolności, Narodowy Bank Polski, Fundację Wspomagania Wsi, Fundację BNP Paribas i Fundację Inter Cars. W ramach programu stypendialnego uczestniczyłem w programach dotyczących szkoły średniej, studiów magisterskich oraz studiów doktoranckich.

Pełnię funkcję wiceprezesa firmy 3D Robot sp. z o. o. zajmującej się projektowaniem stacji zrobotyzowanych oraz programowaniem robotów przemysłowych. W latach 2016 – 2020 byłem zatrudniony w tej firmie na stanowisku konstruktor-programista w wymiarze ½ etatu. Spółka jest członkiem Stowarzyszenia Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego „Dolina Lotnicza”. W ramach członkostwa w Stowarzyszeniu oprócz spotkań krajowych biorę udział w spotkaniach B2B z partnerami zagranicznymi w kraju oraz podczas wyjazdów zagranicznych (np. ILA Berlin).

Otrzymanej nagrody międzynarodowe:

- Award Pioneers Of Our Future: Robotization of deburring operations - adaptive manufacturing, Pratt & Whitney Canada 2016. Nagroda dotyczy opracowania innowacyjnej stacji zrobotyzowanej do obróbki ślusarskiej.

Otrzymane nagrody krajowe:

- Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza za autorstwo/współautorstwo publikacji: „Device for Contact Measurement of Turbine Blade Geometry in Robotic Grinding Process” 2021 r.
- Nagroda zespołowa III stopnia Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza „Za cykl publikacji dotyczących modelowania i sterowania układów mechatronicznych”, Rzeszów 2019 r.;
- Nagroda naukową zespołową I stopnia Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza „Za cykl publikacji dotyczących robotyzacji procesów przemysłowych,” Rzeszów 2018 r.;
- Nagroda firmy ABB „Za opiekę nad zdobywcami II i III miejsca w zawodach RobotStudio Challenge”, Warszawa 2018 r.;
- Nagroda indywidualna III stopnia Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza „Za opiekę i wsparcie Studenckiego Koła Naukowego „Mechatronik” oraz przygotowanie studentów do ogólnopolskich zawodów RobotStudio Challenge”, Rzeszów 2017 r.;
- Nagroda firmy ABB „Za opiekę nad zdobywcami I i II miejsca w zawodach RobotStudio Challenge”, Warszawa 2017 r.;
- Nagroda zespołowa III stopnia Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza „Za uruchomienie Laboratorium Robotyki dla Przemysłu Lotniczego”, Rzeszów 2016 r.;
- Nagroda indywidualna II stopnia Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza „Za uzyskanie stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie mechanika z wyróżnieniem”, Rzeszów 2015 r.;
- Nagroda zespołowa II stopnia Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza „Za współautorstwo monografii naukowej oraz dwóch podręczników akademickich”, Rzeszów 2011 r.;
- Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza „Za działalność na rzecz środowiska akademickiego Politechniki Rzeszowskiej w roku akademickim 2008/2009, jak również zaangażowanie w pracę naukowo – organizacyjną”, Rzeszów 2009 r.;

- Nagroda Rektora Politechniki Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza „Za działalność na rzecz środowiska akademickiego Politechniki Rzeszowskiej w roku akademickim 2007/2008, jak również zaangażowanie w pracę organizacyjną”, Rzeszów 2008 r.

Posiadane certyfikaty:

- Certyfikat Nr: 104/WA/2023 wydany przez ABB Sp. z o.o. o ukończeniu szkolenia/warsztatów „Programowanie Robotów ABB w Robot Studio”;
- Certyfikat wydany przez ABB Sp. z o.o. o ukończeniu szkolenia/warsztatów „Siła robotów pod kontrolą”, z zakresu FLEX FINISHING;
- Certyfikat KRA/1760/KAW-INT/104 Akademii Astor: Obsługa i programowanie robotów firmy Kawasaki – kurs dla integratorów;
- Certyfikat KRA/1986/KAW-OPROG/29 Akademii Astor: Projektowanie i symulacja zrobotyzowanych stanowisk pracy – K-Roset;
- Certyfikat wydany przez EC Test Systems Sp. z o.o. zaświadcający o ukończeniu szkolenia „Diagnostyka układów mechatronicznych”;
- Certyfikat/Upoważnienie: W zakresie prowadzenia zajęć na kierunku Lotnictwo specjalność Płatowce, Organizacja Szkoląca w Zakresie Obsługi Technicznej PL.147.0006, Na podstawie załącznika IV punkt 147.A.105 do Rozporządzenia Komisji (WE) Nr 2042 z dnia 20 listopada 2003 r. w sprawie nieprzerwanej zdatności do lotu statków powietrznych oraz wyrobów lotniczych, części i wyposażenia, a także w sprawie zatwierdzenia organizacji personelu zaangażowanego w takie zadania.

Posiadane szkolenia:

Nazwa instytucji szkolącej	Nazwa szkolenia	Termin
ABB Sp. z o.o.	Szkolenie „ Programowanie Robotów ABB w Robot Studio”, Warszawa, Polska.	Maj 2023 r
Keyence Polska Sp. z o.o.	Szkolenie z zakresu obsługi systemów pomiarowych 2D i 3D firmy Keyence, Rzeszów, Polska.	Wrzesień 2020 r.

Cognex Polska Sp. z o.o.	Szkolenie z zakresu obsługi systemów pomiarowych 2D i 3D firmy Cognex , Rzeszów, Polska.	Sierpień 2020 r.
EC Test Systems Sp. z o.o.	Szkolenie „Diagnostyka układów mechatronicznych”, Rzeszów, Polska.	Marzec 2017 r.
ABB Sp. z o.o.	Szkolenie „ABB RobotStudio Master Class, RS Master Class – budowa, programowanie i symulacja stanowisk zrobotyzowanych”, Aleksandrów Łódzki, Polska.	Grudzień 2015 r.
ASTOR Sp. z o.o.	Szkolenie „Projektowanie i symulacja zrobotyzowanych stanowisk pracy K-Roset”, Kraków, Polska.	Lipiec 2015 r.
ASTOR Sp. z o.o.	Szkolenie dla integratorów systemów automatyki w ramach ASTOR Tour, Rzeszów Polska.	Maj 2015 r.
ASTOR Sp. z o.o.	Szkolenie „Obsługa i programowanie robotów firmy Kawasaki – kurs dla integratorów”, Kraków, Polska.	Maj 2015 r.
ABB Sp. z o.o.	Szkolenie/Warsztaty „Siła robotów pod kontrolą”, z zakresu FLEX FINISHING, Aleksandrów Łódzki, Polska.	Marzec 2015 r.

.....
Dariusz Szybicki
 (podpis wnioskodawcy)