

Załącznik nr 3

do wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia
doktora habilitowanego

Autoreferat

Dr inż. Marcin Suszyński

Politechnika Poznańska

Wydział Inżynierii Mechanicznej

Instytut Technologii Mechanicznej

Poznań, 2023

1. Dane osobowe

Imię i nazwisko: Marcin Suszyński

Miejsce pracy: Instytut Technologii Mechanicznej
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Poznańska

Stanowisko: adiunkt

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne

Doktor nauk technicznych: 01.07.2011 r.

Podmiot nadający stopień Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania
Politechnika Poznańska

Tytuł rozprawy doktorskiej: *Modelowanie kolejności montażu wyrobu z zastosowaniem hipergrafu i grafu skierowanego*
dziedzina - nauki techniczne
dyscyplina - budowa i eksploatacja maszyn

Promotor: prof. dr hab. inż. Jan Żurek

Słuchacz dziennego Studium Doktoranckiego na WBMiZ Politechniki Poznańskiej
Termin: 22.10.2005 r. - 30.09.2010 r.
Zakres: budowa i eksploatacji maszyn
Świadectwo ukończenia studiów doktoranckich: nr 25/2010 r. z dnia 20.12.2010 r.

Magister inżynier: 23.06.2005 r.

Uczelnia: Politechnika Poznańska
Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania
(następnie Wydział Informatyki i Zarządzania)
kierunek: zarządzanie i marketing
specjalność: ergonomia i inżynieria jakości

Tytuł pracy: *Ocena możliwości wdrożenia zintegrowanego systemu zarządzania jakością w wybranym przedsiębiorstwie usługowym*

Promotor: dr. inż. Małgorzata Wejman

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

12.01.2019 r. do dziś:

Adiunkt

Instytut Technologii Mechanicznej

Wydział Inżynierii Mechanicznej

Politechnika Poznańska

01.10.2009 – 11.01.2019 r.:

Asystent

Instytut Technologii Mechanicznej

Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania

Politechnika Poznańska

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy

Osiągnięcia habilitacyjne, 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.) pod tytułem: ***Modelownie i optymalizacja ręcznych oraz zrobotyzowanych procesów montażu ze szczególnym uwzględnieniem ustalania ich kolejności***, stanowią: 1. cykl jedenastu powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych, które w roku ich opublikowania były ujęte w wykazie zgodnym z art. 267: *Kryteria ewaluacji jakości działalności naukowej*, ust. 2 pkt 2 lit. b, a ich sumaryczny Impact Factor wynosi 11,222 oraz 2. jedna monografia naukowa - zgodnie z art. 267 ust. 2. pkt 2 lit. a ustawy.

Monografia naukowa

[H1] Modelling, Simulation and Optimisation of the Technological Processes of Assembly, Olaf Ciszak, **Marcin Suszyński**, Poznań, Polska, Publishing House of Poznań University of Technology, 2021, 143 s.

Recenzenci:

dr hab. inż. Arkadiusz GOLA, prof. PL, Politechnika Lubelska, Katedra Informatyzacji i Robotyzacji Produkcji,

dr hab. inż. Piotr ŁEBKOWSKI, prof. AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica, Katedra Badań Operacyjnych i Technologii Informacyjnych.

Artykuły naukowe

[H2] **Marcin Suszyński**, Artur Meller, Katarzyna Peta, Marek Trączyński, Marcin Butlewski, Frantisek Klimenda, Application of Neural Networks for Water Meter Body Assembly Process Optimization, Applied Sciences - 2022, vol. 12, iss. 21.
(MEiN: 100, IF: 2,838)

[H3] **Marcin Suszyński**, Katarzyna Peta, Vít Černohlávek, Martin Svoboda, Mechanical Assembly Sequence Determination Using Artificial Neural Networks Based on Selected DFA Rating Factors, Symmetry - 2022, vol. 14, no. 5.
(MEiN: 70, IF: 2,940)

[H4] **Marcin Suszyński**, Katarzyna Peta, Assembly Sequence Planning Using Artificial Neural Networks for Mechanical Parts Based on Selected Criteria, Applied Sciences - 2021, vol. 11, no. 21.
(MEiN: 100, IF: 2,838)

- [H5] **Marcin Suszyński**, Michał Rogalewicz, Selection of an industrial robot for assembly jobs using multi-criteria decision making methods, Management and Production Engineering Review - 2020, vol. 11.
(MEiN: 70)
- [H6] **Marcin Suszyński**, Olaf Ciszak, Selection of Assembly Sequence for Manual Assembly Based on DFA Rating Factors, Advances in Manufacturing II. Volume 2 - Production Engineering and Management, Cham, Switzerland, Springer International Publishing, 2019.
(MEiN: 20)
- [H7] **Marcin Suszyński**, Jakub Wojciechowski, Jan Żurek, No Clamp Robotic Assembly with Use of Point Cloud Data from Low-Cost Triangulation Scanner, Tehnički Vjesnik - Technical Gazette - 2018, vol. 25, no. 3.
(MEiN: 20, IF: 0,644)
- [H8] Marcin Butlewski , Wiktoria Czernecka, Anna Pajzert, Michalina Radziejewska, Cristina Feniser, **Marcin Suszyński**, Ergonomic criteria in the optimization of assembly processes, Proceedings of the 6 th RMEE2018 - Performance Management or Management Performance - Cluj-Napoca, Romania, Todesco Publishing House, 2018.
(MEiN: 15)
- [H9] Jakub Wojciechowski, **Marcin Suszyński**, Optical scanner assisted robotic assembly, Assembly Automation, 2017, vol. 37, iss. 4.
(MEiN: 25, IF: 1,383)
- [H10] **Marcin Suszyński**, Jan Żurek, Computer aided assembly sequence generation, Management and Production Engineering Review, 2015, vol. 6, no. 3.
(MEiN: 12)
- [H11] **Marcin Suszyński**, Jan Żurek, Stanisław Legutko, Modelling of assembly sequences using hypergraph and directed graph, Technical Gazette, 2014, vol. 21, no. 6.
(MEiN: 20, IF: 0,579)
- [H12] **Marcin Suszyński**, Jan Żurek, Robert Cieślak, Matrix recording of assembly unit and assembly sequence, Advances in Manufacturing Science and Technology - 2013, vol. 37, iss. 2.
(MEiN: 6)

4.1. Wprowadzenie

Na podstawie analizy definicji i opisów procesów zawartych w literaturze [1-16] można jednoznacznie stwierdzić, że proces technologiczny montażu jest końcowym, a przy tym jednym z najistotniejszych etapów procesu produkcyjnego, wpływającym na parametry wyrobu; jest sumą czynności mających na celu połączenie wszystkich części, podzespołów zespołów (jednostek montażowych) w jednostkę funkcjonalną wyższego rzędu przy równoczesnym zagwarantowaniu zakładanego poziomu jakości. Struktura tego procesu składa się z wielu elementów, a ilość informacji, które należy przeanalizować, jest bardzo duża, dlatego w większości przypadków konieczna staje się analiza wielokryterialna.

Jak pokazują badania procesu technologicznego montażu stanowi on od 20 do 75% całkowitej pracochłonności procesu produkcyjnego wyrobu, co, rzecz jasna, idzie w parze z jego znaczącym udziałem w całkowitych kosztach produkcji wyrobów (od 20 do 70% całkowitych kosztów procesu produkcyjnego [1]). Zatem to w tym właśnie obszarze należy szukać potencjalnych oszczędności, które można osiągnąć poprzez usprawnienie tego procesu. Rozwój związany z szeroko pojętą inżynierią montażu jest jednak stosunkowo wolny, chociażby w porównaniu z obróbką skrawaniem. Stopień automatyzacji procesu montażu jest nadal wielokrotnie mniejszy niż na przykład automatyzacji procesu wytwarzania części lub innych procesów technologicznych. Stanowi to cechę charakterystyczną tej fazy produkcji.

Montaż jest więc jednym z najbardziej złożonych procesów technologicznych i jego ocena powinna uwzględniać zarówno kryteria techniczne, ekonomiczne, jak i ergonomiczne. W samej strukturze tego procesu największą część stanowią złożone ruchy manipulacyjno-montażowe, których dokładność w znacznym stopniu wpływa na jego jakość i wydajność. W praktyce często jednak występuje brak spójności między opracowaniem konstrukcji wyrobu pod kątem jego technologiczności uwzględniającej konkretne warunki produkcyjne i środki technologiczne montażu, a samym projektowaniem procesu technologicznego montażu [5]. Znaczący wpływ procesu montażu na koszty wytwarzania oraz jakość produktu sugeruje zwrócenie na niego szczególnej uwagi już podczas samego projektowania konstrukcyjnego wyrobu.

Proces technologiczny montażu stanowi jedną z najważniejszych części produkcji, a wszelkie działania zmierzające do poprawy jego wydajności i efektywności stanowią potencjalne pole do jego usprawnienia lub optymalizacji ze względu na określone kryteria. Duże zróżnicowanie oraz złożoność wyrobów utrudnia jednak opracowanie procesów ramowych lub znalezienie skutecznego, uniwersalnego rozwiązania dotyczącego matematycznego modelu optymalizującego proces. Wynika to poniekąd ze znacznej wielokryterialności i wielowątkowości problemu.

Całokształt zadań związanych z procesem montażu nie został, i prawdopodobnie w najbliższym czasie nie zostanie, skutecznie rozwiązany za pomocą jednego modelu. Konsekwencją takiego stanu rzeczy są przykładowo: straty ekonomiczne powodowane mniejszą od możliwej w danych warunkach wydajnością, większe koszty produkcji, gorsza jakość wyrobów oraz, zazwyczaj, duża pracochłonność samego procesu montażu. Oceny tego procesu dokonuje się często w sposób subiektywny i w znacznym stopniu zależny jedynie od wiedzy i doświadczenia inżyniera lub technologa.

Bibliografia

- [1] Nof S. Y., Wilhelm W. E., Warnecke H. J., Industrial Assembly, Chapman&Hall, London 1997.
- [2] Feld M., Technologia budowy maszyn, PWN, Warszawa 2000.
- [3] Koch T., Systemy zrobotyzowanego montażu, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
- [4] Boothroyd G., Dewhurst P., Knight W., Product design for manufacture and assembly, CRC Press., Boca Raton 2002.
- [5] Łebkowski P., Metody komputerowego wspomagania montażu mechanicznego w elastycznych systemach produkcyjnych, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2000.
- [6] Baudin M., Lean Assembly, Productivity Press, New York 2002.
- [7] C. Lu and J. Y. Li, Assembly sequence planning considering the effect of assembly resources with a discrete fireworks algorithm, Int. J. Adv. Manuf. Tech., vol. 93, pp. 1-18, 2017.
- [8] Whitney D. E., Mechanical Assemblies, Oxford University Press, New York 2004.
- [9] Riley F. J., Assembly Automation – A Management Handbook, Second Edition, Industrial Press Inc., New York 1996.
- [10] De Lit P., Delchambre A., Integrated design of a product family and its assembly system, Kluwer Academic Publishers, London 2003.
- [11] Delchambre A., Computer – aided Assembly Planning, Chapman&Hall, London 1992.
- [12] Booker J. D., Raines M., Swift K. G., Designing Capable and Reliable Products, Butterworth-Heinemann, 2001.
- [13] Booker J. D., Swift K.G., Brown N. J., Designing for assembly quality: strategies guidelines and techniques, Journal of Engineering Design, Vol. 16, No. 3, June 2005, s. 279-295.
- [14] Feld M., Projektowanie procesów technologicznych typowych części maszyn, WNT, Warszawa 2007.
- [15] Michał Sąsiadek, Planning and analysis of mechanical assembly sequences in design engineering – Part I: The Method, Technical Gazette, Vol. 22 No. 2, 2015.
- [16] Michał Sąsiadek, Planning and analysis of mechanical assembly sequences in design engineering – Part II: The Method, Technical Gazette, Vol. 22 No. 3, 2015.

4.2. Omówienie wyników badań własnych

Przedstawione do recenzji: cykl jednotematycznych publikacji oraz jedna monografia naukowa pt. ***Modelownie i optymalizacja ręcznych oraz zrobotyzowanych procesów montażu ze szczególnym uwzględnieniem ustalania ich kolejności*** stanowią kontynuację prac autora z obszaru modelowania i symulacji procesów technologicznych montażu (PTM) ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień związanych z ustalaniem najkorzystniejszej kolejności montażu ręcznego oraz zrobotyzowanego jednostek montażowych dla wyrobów przemysłu maszynowego i elektromaszynowego.

Głównym celem naukowym realizowanych badań jest znalezienie i opracowanie najlepszej w danych warunkach produkcyjnych metodyki realizacji procesu technologicznego montażu ręcznego oraz zrobotyzowanego.

Proponowane nowatorskie rozwiązania bazują w dużej mierze na zastosowaniu teorii grafów, w szczególności hipergrafów i zbudowanych na ich podstawie grafów skierowanych oraz zapisie macierzowy. Wymienione wyżej narzędzia stanowią podstawę między innymi opracowanych oryginalnych rozwiązań z zakresu:

- komputerowych algorytmów przeszukiwania, uczenia maszynowego oraz innych umożliwiających efektywne ustalenie racjonalnych kolejności łączenia jednostek montażowych,
- modelowania i symulacji przebiegu procesu technologicznego montażu ręcznego oraz zrobotyzowanego z zastosowaniem modeli zaczerpniętych z programów CAX (oraz współpracy z tymi programami) uwzględniającego wybrane cechy montażowe,
- metod oceny i weryfikacji projektowanych oraz aktualnie realizowanych procesów technologicznych montażu,
- budowy zintegrowanego, elastycznego, zrobotyzowanego systemu planowania montażu.

Na szczególną uwagę, zdaniem habilitanta, zasługuje nowe (w stosunku do obecnego stanu wiedzy) podejście do zagadnień związanych z zastosowaniem heurystycznego ustalania kolejności montażu jednostek montażowych oraz optymalizacji/racjonalizacji przebiegu samego procesu ręcznego i zrobotyzowanego w przemyśle maszynowym oraz elektromaszynowym z zastosowaniem:

1. sieci neuronowych – na podstawie wybranych kryteriów:
 - oceny sekwencji montażowych [H4],
 - zaczerpniętych z metodyki DFA (Design For Assembly) [H3],
2. sieci neuronowych oraz wybranych parametrów produkcyjnych wpływających na przebieg procesu [H2],
3. wskaźników oceny DFA dla montażu ręcznego oraz rozmytego procesu hierarchii analitycznej FAHP (*Fuzzy Analytic Hierarchy Process*) [H6],
4. wybranych kryteriów ergonomicznych [H8],

5. modelowania i optymalizacji procesów montażu ręcznego i zrobotyzowanego z użyciem programów symulacyjnych [H1],
6. składowych metod wielokryterialnego wspomagania decyzji do porównania kryteriów montażowych [H6],
7. hipergrafów i grafów skierowanych oraz wybranych macierzy [H1, H11, H12].

Ponadto w ramach badań opracowano:

1. oryginalne algorytmy ustalania dopuszczalnych kolejności montażu jednostek montażowych wraz z ich oceną, które umożliwiły rozwój autorskiego programu komputerowego wspomagającego te działania [H1, H10],
2. oryginalne zasady doboru: robotów montażowych na podstawie wielokryterialnych metod wspomagania decyzji MCDM (*Multi-Criteria Decision Making Methods*) [H5] oraz metod pomiaru pracochłonności montażu z zastosowaniem FAHP (*Fuzzy Analytic Hierarchy Proces*) [10],
3. nowatorski, elastyczny, zrobotyzowany system planowania i realizacji montażu składający się z czterech podstawowych części umożliwiających: 1. rozpoznanie części umiejscowionych w sposób nieorientowany na palecie montażowej, 2. wygenerowanie zbioru dopuszczalnych sekwencji montażowych ze względu na ograniczenia natury konstrukcyjnej, 3. ocenę tych sekwencji na podstawie przyjętych kryteriów (możliwą po zaczerpnięciu informacji o modelu między innymi z plików CAD, modeli 3D oraz danych o orientacji i położeniu poszczególnych jednostek montażowych, w tym bazowej), 4. generowanie instrukcji montażowych dla manipulatora [H1, H7, H9].

Całość teoretycznych prac badawczych zweryfikowano na wielu przykładach z praktyki przemysłowej.

Podsumowując, można stwierdzić, że uzyskane wyniki badań teoretycznych i praktycznych pozwoliły na opracowanie kompleksowej metodyki umożliwiającej racjonalne modelowanie procesu technologicznego montażu ręcznego i zrobotyzowanego, w określonych warunkach produkcyjnych, przy zachowaniu elastyczności organizacyjnej i technicznej oraz efektywności ekonomicznej.

Poniżej omówiono osiągnięcia wchodzące w skład tematycznie powiązanych artykułów naukowych oraz monografii, stanowiących podstawę do ubiegania się o nadanie stopnia naukowego doktora habilitowanego.

[H1] Modelling, Simulation and Optimisation of the Technological Processes of Assembly, Olaf Ciszak, **Marcin Suszyński**, Poznań, Polska, Publishing House of Poznań University of Technology

Procesy technologiczne montażu ręcznego i zrobotyzowanego stają się coraz ważniejszym zagadnieniem na współczesnym, bardzo konkurencyjnym rynku, dlatego należy badać i opracowywać skuteczne metody oraz modele ich wdrażania. Rozwiązywanie problemów związanych z najbardziej kosztochłonną i pracochłonną częścią procesu produkcyjnego, jaką jest montaż, musi podlegać ciągłemu rozwojowi i optymalizacji. Z drugiej strony w tej części procesu można znaleźć największe rezerwy umożliwiające poprawę i zwiększenie wydajności produkcji.

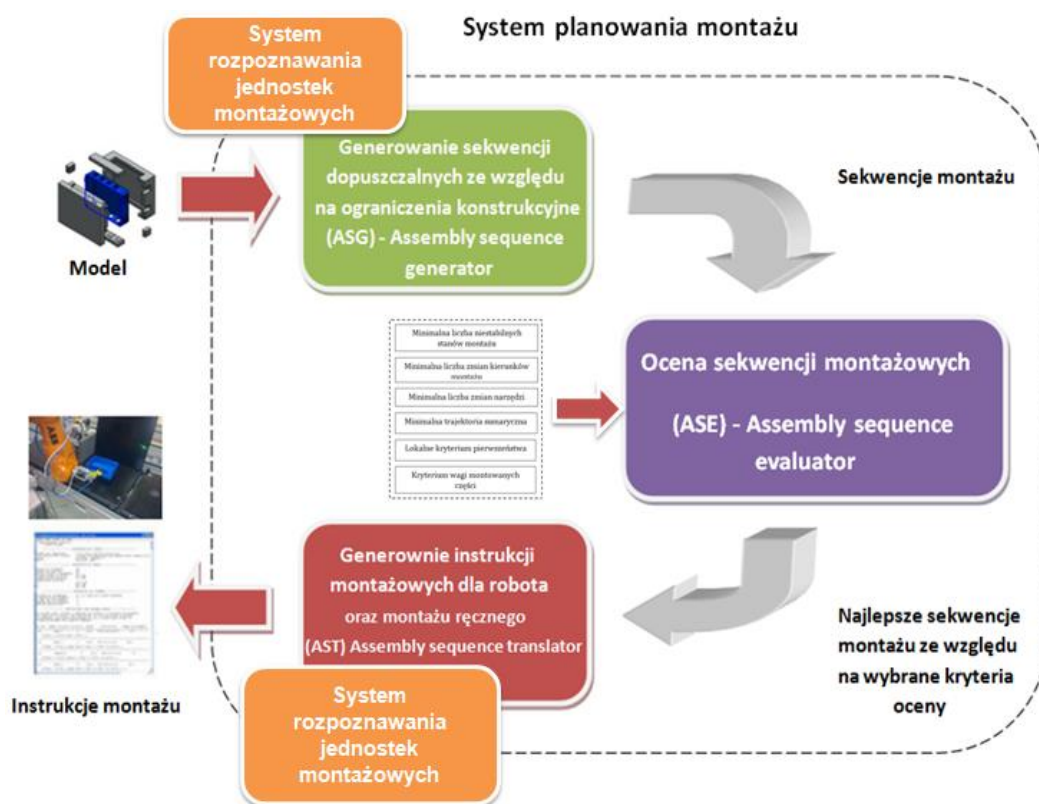
W niniejszej monografii podjęto próbę kompensacji wybranych i zróżnicowanych procesów montażowych, opierając się na rzeczywistych, praktycznych przykładach dotyczących autorskich sposobów m.in. zapisu struktury montażowej i optymalizacji procesów planowania montażu. Przedstawione w niniejszym opracowaniu metody i systemy ilustrują główne, wybrane trendy, które w ostatnim czasie stały się widoczne w projektowaniu i doskonaleniu procesów montażowych. Algorytmy i heurystyki opisane w tej monografii mogą znaleźć zastosowanie w większości przypadków ręcznego i komputerowo wspomaganego planowania montażu.

W monografii omówiono różne aspekty procesu montażu, takie jak projektowanie, automatyzacja, ustalanie kolejności montażu, modelowanie i symulacja, wyrównoważenie linii montażowej oraz systemy informacyjno-diagnostyczne.

W pierwszych dwóch rozdziałach książki autorzy przedstawili ogólne koncepcje procesu technologicznego montażu, omówili jego miejsce i znaczenie w technicznym przygotowaniu produkcji oraz poruszyli zagadnienia związane z projektowaniem procesu technologicznego montażu.

Kolejne rozdziały dotyczą bardziej szczegółowych zagadnień, takich jak zintegrowany model montażu, automatyzacja i robotyzacja tego procesu, a także opracowanych przez autorów sposobów ustalania jego kolejności za pomocą teorii grafów.

Ponadto w publikacji zawarto autorską koncepcję elastycznego zrobotyzowanego systemu montażowego opracowaną przez habilitanta (rys. 1).



Rys.1. Schemat elastycznego systemu planowania i realizacji zrobotyzowanego montażu [H1]

W dalszej części omówiono autorskie przykłady modelowania i symulacji procesów technologicznych montażu, w tym w środowisku CAD, oraz przeprowadzone badania wydajności gniazda montażowego.

W dalszych rozdziałach przeanalizowano również wybrane systemy informacyjno-diagnostyczne oraz ich rolę w aktywnym sterowaniu i nadzorowaniu pracy linii montażowej.

Ostatni rozdział poświęcono na podsumowanie i wnioski, które mogą pomóc w poprawie efektywności i jakości procesu technologicznego montażu.

Wkład habilitanta w powstanie omówionej monografii polegał na współpracowaniu jej koncepcji, założeń i metodyki przedstawionych badań. Wraz z współautorem zgromadził i opracował materiały oraz dane do wszystkich rozdziałów, przeprowadził badania, zbudował modele oraz sprawował nadzór nad zbieraniem oraz analizą danych. Wspólnie napisany manuskrypt został samodzielnie przez habilitanta dopracowywany, począwszy od wersji pierwotnej, do ostatecznej po recenzjach włącznie.

[H2] Marcin Suszyński, Artur Meller, Katarzyna Peta, Marek Trączyński, Marcin Butlewski, Frantisek Klimenda, Application of Neural Networks for Water Meter Body Assembly Process Optimization, Applied Sciences - 2022, vol. 12, iss. 21

MEiN: 100, IF: 2,838, liczba cytowań: 1 - SCOPUS, 1 - Web of Science, 1 - Google Scholar

Przedstawiona w pracy metoda stanowi oryginalne i nowatorskie podejście ukazujące na wybranym przykładzie procesu montażu możliwości uzyskiwania żądanych wielkości parametrów wyjściowych (w rozważanym przypadku – wartości bicia promieniowego), za pomocą sterowania samym procesem montażu i z uwzględnieniem parametrów wejściowych montowanej jednostki montażowej oraz przy użyciu sztucznej inteligencji w postaci sieci neuronowych.

Zaproponowany w pracy model sztucznej sieci neuronowej (ANN – *Artificial Neural Network*) opisuje przykładowe zadanie optymalizacji procesu montażu korpusu wodomierza na podstawie 18 wybranych parametrów montażowych i produkcyjnych, w tym kolejności montażu.

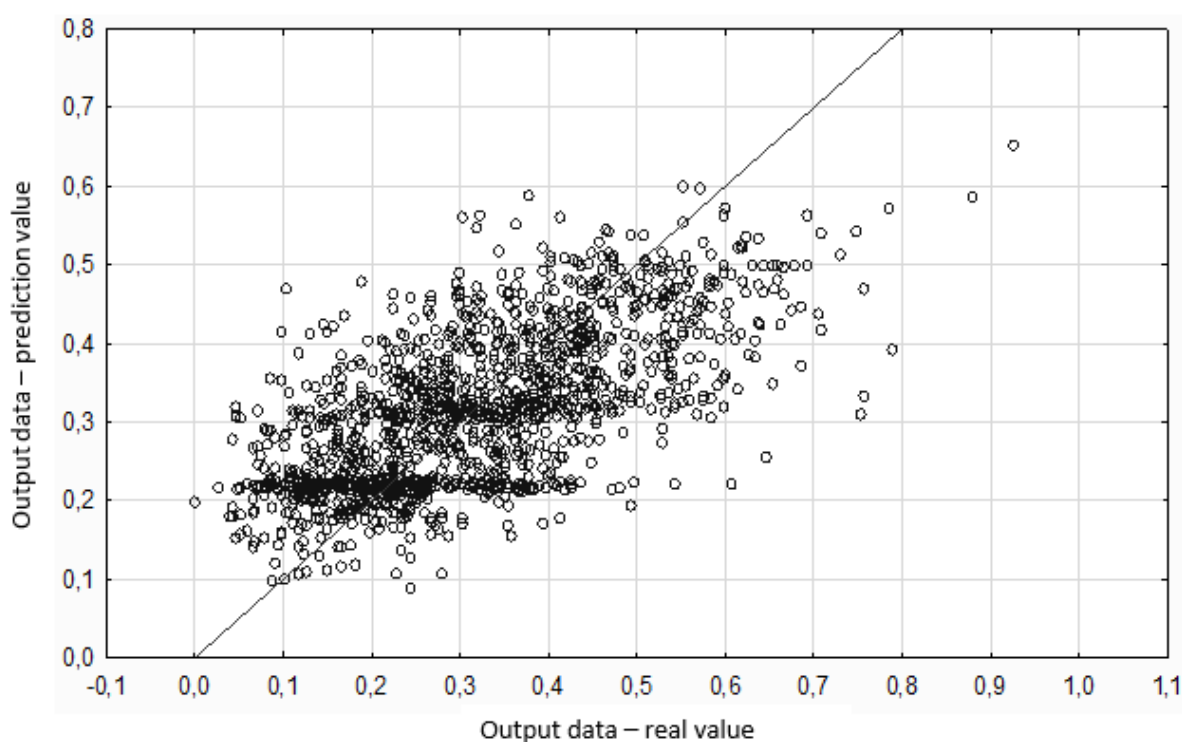
Celem opracowanej sieci było uzyskanie określonej wartości bicia promieniowego po montażu. Pole tolerancji dla tego parametru w omawianym procesie wynosi 0,2 mm, przy czym powtarzalność tej wartości jest trudna do osiągnięcia podczas produkcji. Aby znaleźć najskuteczniejsze sieci, wykonano 1000 ich modeli (przy użyciu różnych metod szkoleniowych), a do dalszej analizy wybrano 10 ANN o najmniejszych błędach predykcji wartości wyjściowej.

Podczas walidacji modelu najlepsza sieć osiągnęła sprawność 93%, a suma kwadratów reszt (SSR) wyniosła 0,007. Przedstawiony w artykule przykład predykcji wartości bicia promieniowego części maszyn potwierdza przyjęte stwierdzenie o przydatności prezentowanej autorskiej metody do warunków przemysłowych i opiera się na analizie setek tysięcy danych parametrycznych i opisowych procesu montażu zebranych w celu stworzenia efektywnego modelu sieci.

Jak przedstawiono w pracy, sztuczne sieci neuronowe są efektywnym narzędziem wspomagającym sterowanie procesem montażu – skuteczność sieci była większa niż 90%. Zdaniem autorów sprawność tę można jeszcze poprawić, np. zwiększając liczbę danych trenujących ANN i przeprowadzając dalszą analizę procesu. Zaproponowana metoda oraz sieć neuronowa może być z powodzeniem stosowana w przemyśle na zasadzie jej implementacji do postaci aplikacji komputerowej. Wprowadzając wartości wejściowe, jak w prezentowanym przykładzie (18 parametrów), można uzyskać przewidywaną wartość bicia promieniowego.

Dalsze stosowanie metody/aplikacji w rzeczywistych warunkach produkcyjnych pozwoli na zmniejszenie liczby testów poprodukcyjnych, da możliwość lepszego modelowania przebiegu procesu technologicznego montażu, ale przede wszystkim pozwoli na zwiększenie efektywności i poprawi jakość wytwarzanych produktów oraz zmniejszy koszty ich produkcji.

Podsumowując, jednym z najważniejszych efektów zastosowania opracowanej metody dla prezentowanego przykładu jest uzyskanie oszacowanej wartości bicia promieniowego (rys. 2) na podstawie określonych parametrów produkcyjnych i montażowych. Co ważne, jej działanie przedstawiono na rzeczywistym przykładzie produkcyjnym częściowego montażu korpusu wodomierza w jednej z największych firm zajmujących się obróbką miedzi w Europie, na dużej liczbie badanych jednostek montażowych.



Rys. 2. Porównanie wartości wyjściowych przewidywanych i rzeczywistych [H2]

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na wymyśleniu metody oraz określeniu założeń i metodyki prowadzonych badań. Ponadto kandydat wykonał badania i przeprowadził ich analizę, współtworzył również poszczególne modele, sprawował nadzór nad zbieraniem oraz walidacją danych, zajmował się także administracją i pozyskaniem funduszy dla projektu. Ponadto napisał manuskrypt w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

[H3] Marcin Suszyński, Katarzyna Peta, Vít Černohlávek, Martin Svoboda, Mechanical Assembly Sequence Determination Using Artificial Neural Networks Based on Selected DFA Rating Factors, *Symmetry* - 2022, vol. 14, no. 5.

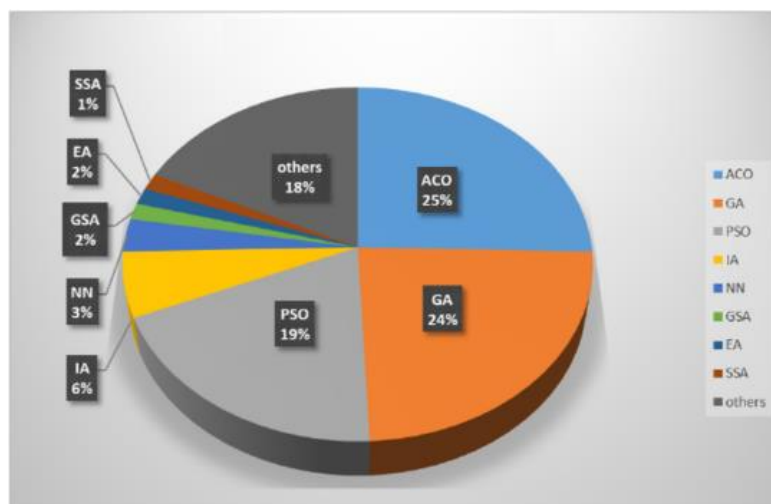
MEiN: 70, IF: 2,940, liczba cytowań: 5 - SCOPUS, 5 - Web of Science, 4 - Google Scholar

W pracy przedstawiono nowatorską metodę wspomagania planowania procesu montażu, której oryginalność polega na zastosowaniu sztucznych sieci neuronowych ANN (*Artificial Neural Network*) oraz wybranych kryteriów oceny zaczerpniętych z metodyki DFA (*Design for Assembly*). Oryginalność proponowanej metody stanowi użycie wybranych kryteriów/wskaźników zaczerpniętych z metodyki DFA służących do oceny projektowanej jednostki montażowej (system oceny wraz z wartościami), do celów estymacji czasu montażu, porównania sekwencji montażowych poprzez ocenę przejść pomiędzy stanami montażu, przy użyciu sztucznych sieci neuronowych.

Proponowana w pracy metoda ma na celu wspomaganie ustalania kolejności montażu ręcznego. Założono, że na obecnym etapie badań metoda stosowana jest w konkretnym przedsiębiorstwie, gdzie warunki procesu montażu są względnie stałe dla wprowadzanych nowych wyrobów, które poddawane są procesowi ASP, a realizowane w nim wcześniej procesy montażu służyły do uczenia sieci. System taki wraz ze zwiększeniem liczby analizowanych procesów montażu będzie poprawiał skuteczność estymacji czasu nowego procesu. Stabilność warunków związana z konkretnym przypadkiem produkcyjnym dotyczy choćby dostępnego parku maszynowego, organizacji produkcji, sterowania i kontroli procesu, a także poziomu wykształcenia pracowników (dla sieci są to stałe elementy). Jako dane wejściowe dla procesu zastosowano oceny przejść pomiędzy poszczególnymi stanami montażu oparte na wskaźnikach/kryteriach DFA. Działanie metody ma więc na celu oszacowanie czasu dla wszystkich sekwencji dopuszczalnych ze względu na ograniczenia natury konstrukcyjnej, wygenerowane przy użyciu grafów skierowanych oraz macierzy stanów. Umożliwia to wybór najkorzystniejszej kolejności ze względu na analizowane kryteria w odniesieniu do konkretnego procesu montażu.

Do uczenia sieci neuronowej zastosowano algorytmy: *steepest descent*, *gradient scaling*, *Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno*, a do zadania predykcji czasu montażu wybrano model sieci o najlepszej skuteczności (uzyskano go poprzez empiryczne testowanie różnych jego parametrów). Opracowany model sztucznej sieci neuronowej wspomagającej planowanie sekwencji montażu poddano pozytywnej weryfikacji, stosując dane nieuwzględniane w algorytmie uczącym. Wyniki predykcji charakteryzowały się dobrymi współczynnikami korelacji $R^2 > 0.9$ dla grupy danych weryfikacyjnych oraz błędem SOS < 0.1 .

Badanie, podobnie jak w poprzednim artykule, przeprowadzono na rzeczywistym przykładzie montażu drzwi wózka widłowego.



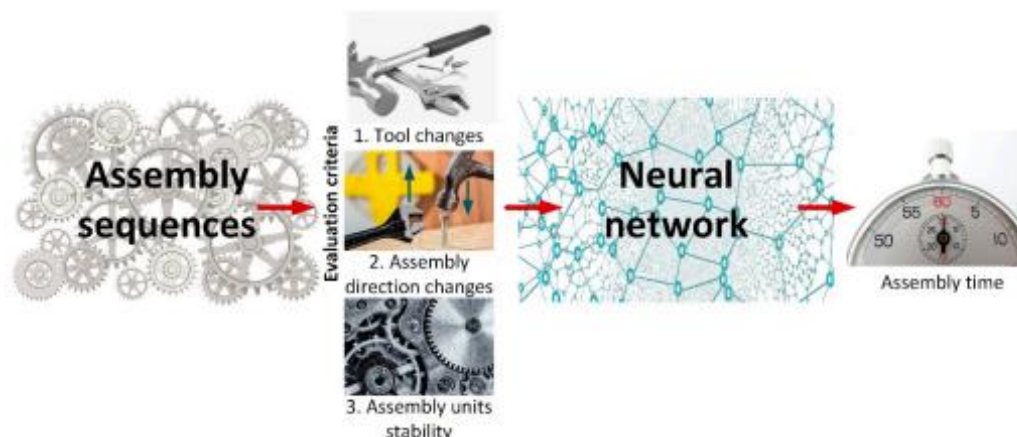
Rys. 3. Częstotliwość występowania różnych metod ASP [H3]

Podobnie jak w przypadku poprzedniej pracy (H2) habilitant był pomysłodawcą metody. Jego wkład w powstanie publikacji polegał na określeniu założeń i metodyki prowadzonych badań. Kandydat wykonał badania i przeprowadził ich analizę, wybrał kryteria/wskaźniki z metodyki DFA, współtworzył również poszczególne modele, sprawował nadzór nad zbieraniem oraz walidacją danych. Wykonał również analizę opublikowanych w ostatnich latach badań dotyczących planowania i optymalizacji kolejności montażu ASP (*Assembly Sequence Planning*), z uwzględnieniem częstotliwości występowania różnych metod ASP (rys. 3). Ponadto zajmował się administracją projektu oraz napisał manuskrypt w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

[H4] Marcin Suszyński, Katarzyna Peta, *Assembly Sequence Planning Using Artificial Neural Networks for Mechanical Parts Based on Selected Criteria*, *Applied Sciences* - 2021, vol. 11, no. 21.

MEiN: 100, IF: 2,838, liczba cytowań: 10 - SCOPUS, 9 - Web of Science, 11 - Google Scholar)

Inne, oryginalne podejście do planowania sekwencji montażu przy pomocy sztucznej inteligencji zaproponowano w pracy [H4]. W artykule przedstawiono działający na podstawie sieci neuronowych system predykcji czasu montażu, determinowany przez zaproponowaną przez habilitanta grupę kryteriów oceny sekwencji montażowych: liczbę zmian narzędzi i kierunków montażu oraz stabilność jednostek montażowych. Wskaźniki te pozwalały oceniać i porównywać przejścia pomiędzy poszczególnymi stanami montażu (rys. 4).



Rys. 4. Uproszczona graficzna reprezentacja proponowanego systemu predykcji czasu montażu [H4]

Przyjęcie do oceny takich, a nie innych kryteriów było uzasadnione między innymi tym, że jako jedne z nielicznych można je w automatyczny sposób pozyskać z modelu złożeniowego CAD, choć w metodzie zakłada się również możliwość ręcznego uzupełniania tych danych. Na podstawie znanych czasów montażu sekwencji (dane wejściowe ocenione uprzednio w autorski sposób) metoda umożliwia oszacowanie za pomocą zaproponowanej sieci neuronowej czasu montażu wszystkich nowych, dopuszczalnych ze względu na ograniczenia natury konstrukcyjnej, kolejności montażu innej rozpatrywanej jednostki.

Zasadą działania i uczenia proponowanego systemu i sieci jest jego praca polegająca na wyznaczaniu najkorzystniejszej kolejności montażu w konkretnych warunkach produkcyjnych związanych między innymi z dostępnym parkiem maszynowym, organizacją produkcji, sterowaniem i kontrolą procesu lub poziomem wykształcenia pracowników. Jest to konieczne dla jak najefektywniejszego uczenia sieci i uzyskiwania poprawnych wyników.

Skuteczność sieci w grupie danych weryfikacyjnych dla opisywanego przykładu wynosiła 99%. Wprowadzenie nowych przypadków do sieci miało za zadanie poprawę efektywności predykcji czasu montażu i uzyskanie uniwersalności metody, czyli możliwość stosowania procedury do nowych, nierozpatrywanych wcześniej przypadków.

Do analizy wybrano zbiór danych weryfikacyjnych zawierających niestosowane wcześniej dane wejściowe i wyjściowe. Wyniki analizy potwierdziły skuteczność predykcji realizowanej przez wybraną sieć neuronową RBF 3-8-1. Otrzymane wyniki, oczekiwane i uzyskane na wyjściu sieci, okazały się porównywalne. Badanie przeprowadzono na rzeczywistym przykładzie montażu drzwi wózka widłowego.

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na wymyśleniu i opracowaniu koncepcji, założeń metody oraz metodyki prowadzonych badań. Kandydat określił i wybrał grupę kryteriów oceny, wykonał badania i przeprowadził ich analizę, współtworzył model oraz sprawował nadzór nad zbieraniem danych. Dokonał również analizy najczęściej stosowanych w opublikowanych i przeanalizowanych badaniach naukowych kryteriów optymalizacyjnych procesu montażu podczas wyboru sekwencji montażowych. Ponadto napisał manuskrypt w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

[H5] Marcin Suszyński, Michał Rogalewicz, Selection of an industrial robot for assembly jobs using multi-criteria decision making methods, Management and Production Engineering Review - 2020, vol. 11.

MEiN: 70, liczba cytowań: 8 - SCOPUS, 3 - Web of Science, 9 - Google Scholar

Ważną częścią planowania zrobotyzowanych procesów montażowych jest odpowiedni dobór robota przemysłowego lub manipulatora. Zadanie to stanowi integralną część zaproponowanego w pracy [H1] elastycznego systemu planowania i realizacji zrobotyzowanego montażu. W omawianym artykule [H5] przedstawiono propozycję zastosowania trzech różnych metod wielokryterialnego wspomaganie decyzji (FAHP, FTOPSIS, SMART) do wyboru robota przemysłowego dla uniwersalnego elastycznego stanowiska montażowego, z uwzględnieniem jego parametrów technicznych i eksploatacyjnych (wyniki postępowania zgodnie z metodą F-AHP przedstawiono na rys. 5).

Aggregate results obtained in the consecutive steps of the F-AHP.

Criterion (parameter)	Geometric mean $\bar{r}_i$	Fuzzy weight $\tilde{w}_i$	Defuzzified weight M_i	Final relative weight w_i
Lifting capacity	(0.7946; 0.9296; 1.1699)	(0.0579; 0.1021; 0.2144)	0.1248	0.0957
Weight	(0.6314; 0.7946; 1.1699)	(0.0460; 0.0873; 0.2144)	0.1159	0.0889
Working range	(1.3687; 2.9672; 4.3739)	(0.0997; 0.3258; 0.8015)	0.4090	0.3136
Repeatability	(1.2724; 2.3319; 3.6466)	(0.0927; 0.2561; 0.6682)	0.3390	0.2600
Range of movement	(0.5017; 0.8548; 1.5838)	(0.0366; 0.0939; 0.2902)	0.1402	0.1075
Price	(0.7040; 1.0000; 1.4204)	(0.0513; 0.1098; 0.2603)	0.1405	0.1077
Velocity	(0.1842; 0.2289; 0.3581)	(0.0134; 0.0251; 0.0656)	0.0347	0.0266
$\bar{r}_{i\text{total}}$	(5.4571; 9.1070; 13.7228)	Total	1.3041	
$(\bar{r}_{i\text{total}})^{-1}$	(0.1832; 0.1098; 0.0729)			

Rys. 5. Sumaryczne wyniki kolejnych kroków postępowania zgodnie z metodą Fuzzy AHP [H5]

Wykonanie analizy wymagało, co istotne z punktu widzenia procesu montażu zrobotyzowanego, wyznaczenia wag kryteriów oceny dla wszystkich trzech metod.

Aby zminimalizować wpływ wyboru metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji na ostateczną decyzję o doborze robota do stanowiska montażowego, zestawiono wyniki analiz i ustalono ostateczną kolejność, wynikającą z preferencji decydentów w odniesieniu do wybranych parametrów robota. Każda z proponowanych metod ma wady i zalety oraz wiąże się z podjęciem subiektywnych decyzji i ocen, ale ich porównanie umożliwia wskazanie najbardziej racjonalnej metody doboru robota montażowego.

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na wymyśleniu i opracowaniu koncepcji artykułu, założeniach i zastosowanej metodyki. Kandydat zaproponował też sposób rozwiązania za pomocą wielokryterialnych metod wspomaganie decyzji oraz dobrał je w celu porównania osiągniętych wyników. Wraz z współautorem wykonał badania i przeprowadził ich analizę. Ponadto samodzielnie napisał cały manuskrypt w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

[H6] Marcin Suszyński, Olaf Cizak, Selection of Assembly Sequence for Manual Assembly Based on DFA Rating Factors, Advances in Manufacturing II, Volume 2 - Production Engineering and Management, Cham, Switzerland, Springer International Publishing, 2019.

MEiN: 20, liczba cytowań: 2 - SCOPUS, 3 - Web of Science, 3 - Google Scholar

W artykule zaprezentowano oryginalną metodę wyboru sekwencji montażowej dla konkretnych warunków produkcyjnych montażu ręcznego na podstawie kryteriów oceny metodyki DFA. Wybrane wskaźniki zastosowano nie do oceny części ze względu na technologiczność konstrukcji z punktu widzenia procesu montażu (zgodnie z metodyką DFA), ale do oceny przejść pomiędzy poszczególnymi stanami montażu. Istota przedstawionej metody polega na znajdowaniu takiej kolejności łączenia części, która zapewnia największą w danych warunkach efektywność procesu technologicznego montażu.

Ważnym elementem pracy jest autorski algorytm wyznaczania sekwencji montażowych, który zaimplementowano do programu komputerowego. Zastosowany w metodzie rozmyty proces hierarchii analitycznej (FAHP) posłużył do budowy modeli decyzyjnych niezbędnych do wyznaczania wartości współczynników wag określających ważność poszczególnych kryteriów. Wybierając narzędzie wspomagające ocenę kryteriów procesu montażu technologicznego, dzięki zastosowaniu FAHP, można było ocenić zasadność wytypowanych kryteriów oraz je porównać. Procedura ta stanowi istotną część procesu wyboru najlepszej sekwencji. Metodę zweryfikowano na przykładzie rzeczywistej 9-częściowej jednostki montażowej w postaci wspornika.

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na wymyśleniu metody oraz określeniu założeń i metodyki prowadzonych badań. Kandydat samodzielnie zaproponował także sposób ustalania kolejności montażu, wykonał badania i przeprowadził ich analizę. Ponadto napisał manuskrypt w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

[H7] Marcin Suszyński, Jakub Wojciechowski, Jan Żurek, No Clamp Robotic Assembly with Use of Point Cloud Data from Low-Cost Triangulation Scanner, Tehnički Vjesnik - Technical Gazette, 2018, vol. 25, no. 3.

MEiN: 20, IF: 0,644, liczba cytowań: 7 - SCOPUS, 7 - Web of Science, 7 - Google Scholar

W artykule podjęto dalsze nowatorskie rozważania dotyczące jednej z kluczowych części elastycznego, zrobotyzowanego systemu planowania i realizacji montażu proponowanego przez autora [H1, H9]. Przedstawiono w nim ideę montażu bezzaciskowego jako bardzo ważną

we współczesnym montażu. Osprzęt montażowy, jakim są zaciski, stanowi znaczącą grupę urządzeń przemysłowych stosowanych w zakładach produkcyjnych, a ich liczebność można skutecznie ograniczyć.

W artykule przedstawiono koncepcję zastosowania w procesie montażu robota przemysłowego wyposażonego w skaner triangulacyjny do zminimalizowania liczby zacisków utrzymujących jednostki w określonej pozycji w przestrzeni. Pokazano również, w jaki sposób system wyszukuje obiekty w chmurze punktów na podstawie zaproponowanego w pracy wieloetapowego algorytmu przetwarzania, a następnie pobiera je, transportuje i ustawia w odpowiednich miejscach montażu za pomocą manipulatora robota przemysłowego. Zbadano również dokładność pozycjonowania części oraz wpływ liczby iteracji algorytmu przeszukującego modele w chmurze punktów na dokładność wyznaczania położenia jednostek montażowych.

Opisany wyżej proces jest podstawą nowoczesnych, w pełni elastycznych systemów montażowych. Montaż bez zacisków to sposób na obniżenie kosztów i zwiększenie elastyczności montażu w pełni automatycznego, co przekłada się na minimalizację liczby specyficznych dla jednostki montażowej zacisków i wyposażenia. Prezentowany system nadaje się do montażu różnych produktów, niemniej z przeprowadzonych badań wnioskuje się, że wynikowa dokładność pozycjonowania części zebranych przez sześćoosiowy manipulator robota przemysłowego na podstawie danych z prostego skanera laserowego jest zbyt mała dla bardzo precyzyjnych operacji montażowych.

Zadaniem skanera jest identyfikacja obiektu na palecie i określenie jego pozycji – urządzenie to stanowi więc jeden z najważniejszych elementów elastycznego systemu planowania montażu. Początkowa lokalizacja obiektu jest nieznana, ponieważ trajektoria skanowania jest zawsze taka sama i obejmuje całą płaszczyznę palety, co znacząco wydłuża proces i zwiększa czas obliczeń. Pole skanowania można byłoby ograniczyć, gdyby wcześniej zdefiniowano pozycje jednostek montażowych na palecie. Czas przetwarzania danych można znacznie skrócić, jeśli zmniejszy się liczbę modeli dopasowanych do punktów. System z dodatkowymi klasyfikatorami, które działają na płaskich obrazach, mógłby wstępnie określić rodzaje obiektów na palecie i ich lokalizację.

Działanie zaproponowanego systemu zweryfikowano na rzeczywistym przykładzie montażu plastikowej obudowy uniwersalnej.

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, współopracowaniu proponowanego rozwiązania oraz metodyki prowadzonych badań. Kandydat zaprojektował oraz wytworzył jednostki montażowe do badań i brał w nich aktywny udział. Ponadto napisał manuskrypt w części dotyczącej procesu montażu i robotyzacji w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

[H8] Marcin Butlewski, Wiktoria Czernecka, Anna Pajzert, Michalina Radziejewska, **Marcin Suszyński**, Cristina Feniser, Ergonomic criteria in the optimization of assembly processes, Proceedings of the 6 th RMEE2018 - Performance Management or Management Performance - Cluj-Napoca, Romania, Todesco Publishing House, 2018.

MEiN: 15, liczba cytowań: 3 - Web of Science, 7 - Google Scholar

Głównym celem przedstawionych w artykule badań było opracowanie procedury do ustalania kolejności zabiegów i operacji w procesie montażu, z uwzględnieniem wyników oceny ryzyka ergonomicznego.

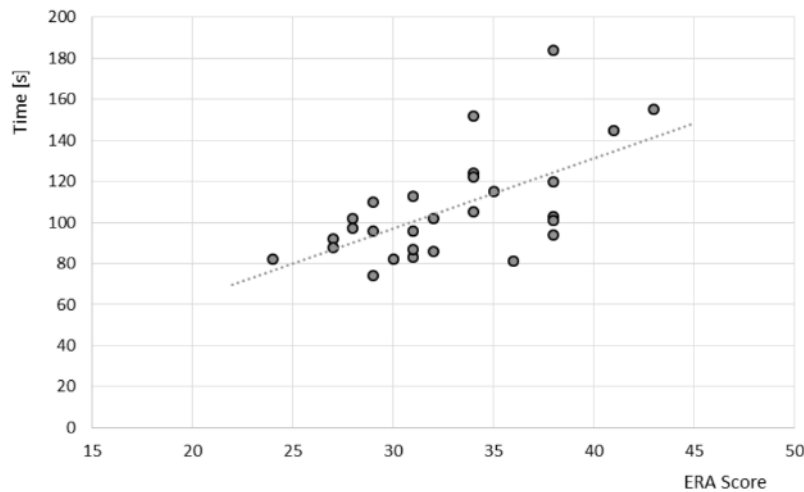
Warunki prac montażowych są problemem złożonym i wymagają systematycznej, konsekwentnej analizy, w które powinno się wziąć pod uwagę wiele czynników. W związku z tym, że znaczna część procesu montażu wykonywana jest ręcznie, istnieje wiele ściśle ergonomicznych aspektów, które zadecydują o końcowym wyniku wykonanych czynności montażowych. W artykule przedstawiono istniejące metody ergonomicznej analizy procesów montażowych oraz sposoby ewakuacji obciążenia pracownika przy czynnościach montażowych.

Metodyka wyznaczania najlepszej kolejności montażu uwzględniała metody ERA i Strain Index, co, w przeciwieństwie do zastosowania metod opartych na ruchach elementarnych (MTM), umożliwiło szybką analizę czynności montażowych i ułatwiło ich reorganizację.

Ważną częścią pracy jest analiza wyników uzyskana na podstawie metod oceny ergonomicznej oraz metodyki umożliwiającej wygenerowanie wszystkich dopuszczalnych ze względu na ograniczenia natury konstrukcyjnej kolejności montażu, które są niejako podstawą do przeprowadzonych rozważań.

Podjęte prace badawcze pozwalają na stwierdzenie, że kolejność montażu ma istotne znaczenie dla sposobu realizacji pracy i wywoływanych przez nie obciążeń ergonomicznych. Rozwój badań nad obciążeniami mięśniowo-szkieletowymi człowieka podczas ręcznych prac montażowych może potwierdzić korzyści z analizowania tej problematyki, np. zwiększenie wydajności oraz wzrost odczuwanego przez pracownika komfortu fizycznego i psychicznego podczas pracy.

Badanie przeprowadzono na rzeczywistym przykładzie montażu jednostki montażowej, tj. wspornika. Na rysunku 6. przedstawiono zależność między wynikami uzyskanymi za pomocą metody zastosowanej do otrzymania najlepszej kolejności montażu, a czasem montażu.



Rys. 6. Zależność pomiędzy czasem montażu a wynikiem obciążenia uzyskanym metodą ERA (*Ergonomic Risk Assessment*) [8]

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na współpracy koncepcji, założeniu artykułu i metodyki prowadzonych badań. Kandydat był autorem sposobu wyznaczania wszystkich sekwencji montażowych będących podstawą do analiz. Ponadto sprawował nadzór nad badaniami, wyznaczył ich przebieg, w tym opracował i zbudował jednostkę montażową do testów oraz przeprowadził analizę wyników. Napisał także manuskrypt w części dotyczącej optymalizacji przebiegu procesu montażu oraz kryteriów oceny procesu - w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

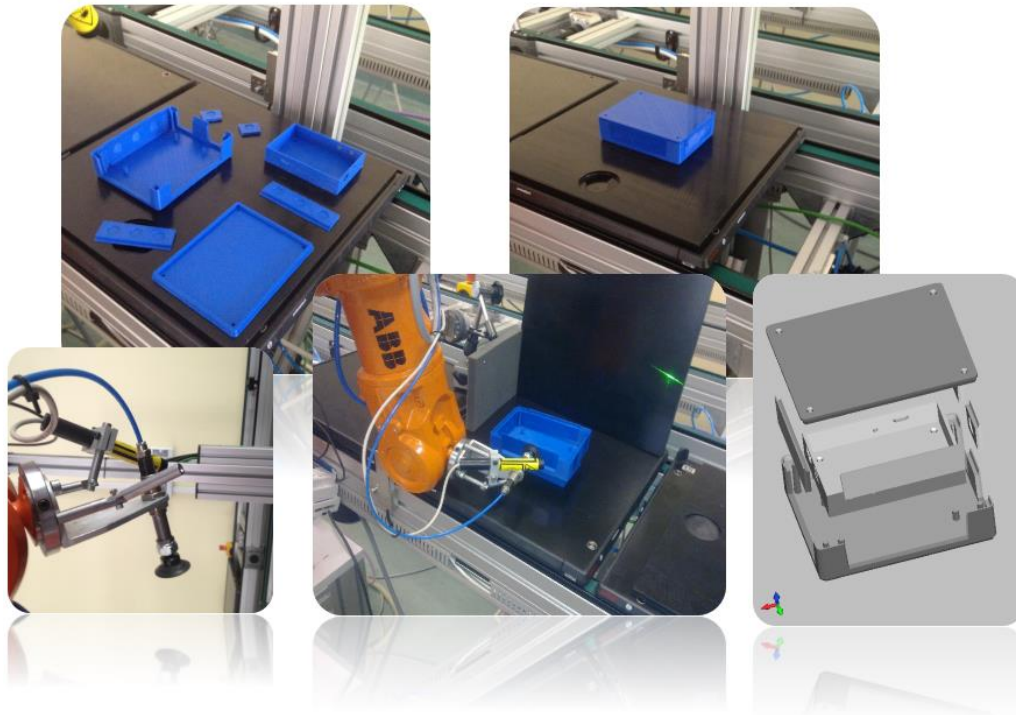
[H9] Jakub Wojciechowski, **Marcin Suszyński**, Optical scanner assisted robotic assembly, *Assembly Automation*, 2017, vol. 37, iss. 4.

MEiN: 25; IF: 1,383, liczba cytowań: 13 - baza SCOPUS, 12 - Web of Science, 16 - Google Scholar

W pracy przedstawiono innowacyjne rozwiązanie jednej z kluczowych części proponowanego przez autora elastycznego, zrobotyzowanego systemu planowania i realizacji montażu [H1].

Zadania montażowe wykonywane przez roboty przemysłowe zwykle opierają się na niezmiennym programie działania, rozbudowanym oprzyrządowaniu utrzymującym obiekty w zadnym miejscu i stosunkowo ograniczonym systemie sensorycznym. W niniejszym opracowaniu zaprezentowano inne podejście, w którym program robota przemysłowego jest dostosowywany do rozmieszczenia montowanych części w przestrzeni pracy.

Rozpoznanie rodzaju jednostki montażowej i jej położenia następuje na podstawie pomiaru optycznym skanerem 3D (rys. 7).



Rys. 7. Rozpoznanie położenia dowolnie zorientowanych jednostek oraz ich montaż [H9]

Zaprezentowana metoda dotyczy zrobotyzowanego montażu dwóch lub więcej jednostek montażowych umieszczonych bez ustalającego je oprzyrządowania i preorientacji na palecie. Zaproponowany algorytm wyszukuje modele CAD, siatki lub chmury punktów dostarczone przez operatora w wygenerowanej przez optyczny skaner laserowy trójwymiarowej reprezentacji otoczenia robota. Algorytm jednocześnie rozpoznaje, które modele znajdują się w przestrzeni oraz określa ich położenie w układzie współrzędnych robota. Dane o obecności i położeniu poszczególnych elementów umożliwiają realizację procesu montażu przez ramię robota.

W pracy przedstawiono wyniki działania algorytmu, w tym także w warunkach zakłóceń, tj. z uwzględnieniem punktów odstających i przysłonięcia części powierzchni obiektów, wynikających z niedoskonałości układu pomiarowego. Zaprezentowano również strategię generowania ścieżki robota przemysłowego chwytającego elementy i umieszczającego je w pozycji montażowej.

Przedstawiona w opracowaniu metoda łączy wiele znanych już wcześniej algorytmów, zaś wkład autorów polegał na testowaniu i wybraniu odpowiedniej kombinacji metod, tj. zdolnej do wspomagania zrobotyzowanego procesu montażu na podstawie danych z optycznych skanerów 3D. W tym celu opracowano sekwencję działań (od skanowania do umieszczenia obiektów w pozycji montażowej przez robota przemysłowego) oraz wybrano metody i określono zestaw parametrów.

W efekcie uzyskano uniwersalną procedurę, która określa położenie zadanych modeli w cząstkowych pomiarach wykonywanych przy ustalonym względnym położeniu sensora obiektu mierzonego.

Badania przeprowadzono na wybranych rzeczywistych jednostkach montażowych.

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji elastycznego systemu montażowego, którego proponowane w pracy rozwiązanie jest jedną z kluczowych części artykułu. Kandydat był również współautorem koncepcji publikacji, przedstawionego rozwiązania i metodyki prowadzonych badań, zaprojektował oraz wytworzył jednostki montażowe do badań, a także brał w nich aktywny udział. Ponadto napisał manuskrypt w części dotyczącej procesu montażu i robotyzacji - w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

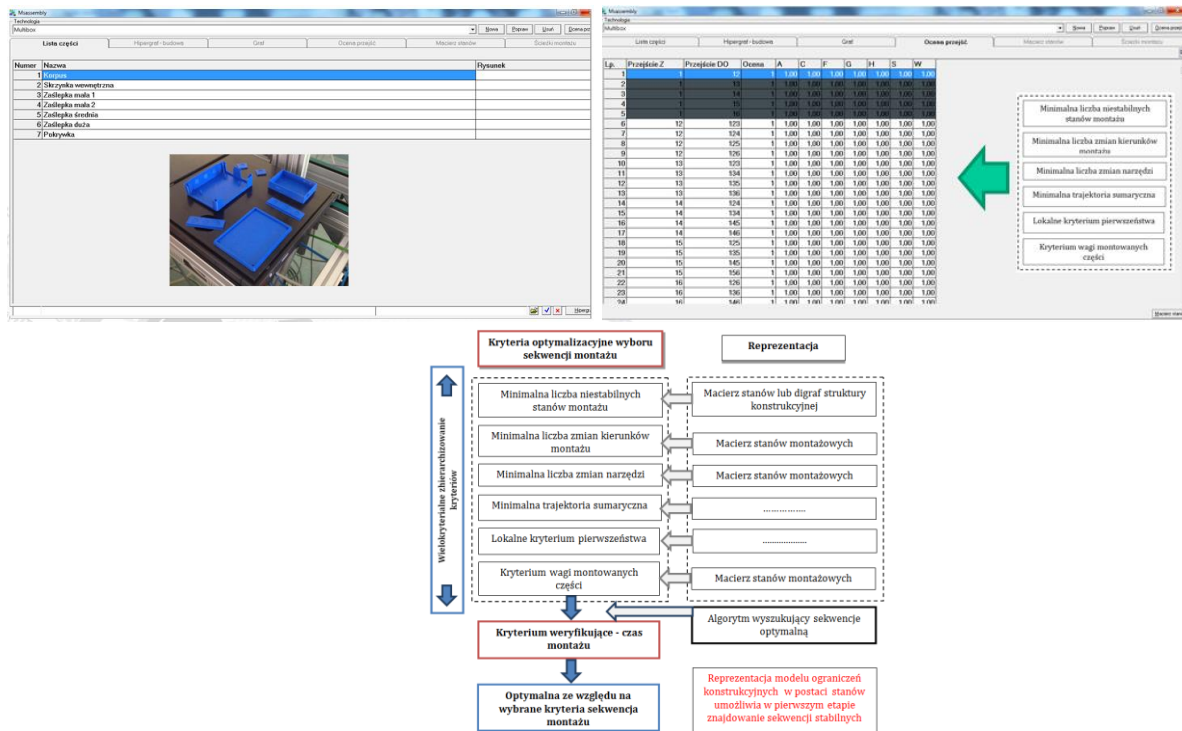
[H10] Marcin Suszyński, Jan Żurek, Computer aided assembly sequence generation, Management and Production Engineering Review, 2015, vol. 6, no. 3.

MEiN: 12, liczba cytowań: 15 - SCOPUS, 12 - Web of Science, 18 - Google Scholar

Niniejsza praca dotyczy problematyki modelowania procesu technologicznego montażu, ze szczególnym uwzględnieniem wyznaczania kolejności łączenia części i zespołów maszyn.

Zaprezentowano w niej opracowany i udoskonalony program komputerowy Msassembly. Zbudowano go na podstawie algorytmu wyznaczania kolejności montażu jednostek montażowych (części i zespołów maszyn), który swoje działanie opiera na hipergrafach i grafach skierowanych, oraz na ocenie przejść między poszczególnymi stanami montażu, a także zmodyfikowanym algorytmie Dijkstry. Działanie udoskonalonego programu Msassembly przedstawiono na przykładzie wyznaczania kolejności montażu przegubu kulowego, a interfejs aplikacji wraz z wybranymi kryteriami oraz reprezentacjami, które można użyć w programie, zaprezentowano na rys. 8.

Zaproponowany sposób wyznaczania kolejności montażu wyrobu umożliwia nie tylko wybór najkorzystniejszego (racjonalnego) jego wariantu, ale także może przyczynić się między innymi do: zmniejszenia czasochłonności opracowania i realizacji procesu technologicznego montażu, poprawy jakości montowanego wyrobu, uproszczenia procesów łączenia części składowych wyrobu, redukcji kosztów, szybkiej analizy oraz racjonalizacji procesu technologicznego montażu, zmniejszenia siły niezbędnej do wzajemnego ustalania części, lepszego wykorzystania środków produkcji.



Rys. 8. Interfejs programu oraz przykładowe kryteria oceny sekwencji montażowych oraz reprezentacje jednostek montażowych [H10]

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na opracowaniu koncepcji i założeń artykułu. Kandydat wykonał zaprezentowane oprogramowanie i przeprowadził jego analizę wraz z opisem przykładu działania. Ponadto napisał manuskrypt w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

[H11] Marcin Suszyński, Jan Żurek, Stanisław Legutko, Modelling of assembly sequences using hypergraph and directed graph, Technical Gazette, 2014, vol. 21, no. 6.

MEiN: 20, IF: 0,579, liczba cytowań: 11 - SCOPUS, 12 - Web of Science, 16 - Google Scholar

Praca dotyczy problematyki modelowania procesu technologicznego montażu wyrobu, ze szczególnym uwzględnieniem kolejności łączenia jego jednostek montażowych (części i zespołów). Przedstawiono w niej najistotniejsze parametry modelowania sekwencji montażu, w tym podstawy postępowania heurystycznego, które ma ułatwić znalezienie racjonalnego jej wariantu.

Proponowany sposób wyznaczania kolejności montażu części i zespołów maszyn z zastosowaniem hipergrafów i grafów skierowanych składa się z: wyboru części bazowej głównej oraz części bazowych poszczególnych jednostek montażowych, zapisu struktury konstrukcyjnej jednostki montażowej w postaci hipergrafu skierowanego oraz minimalizacji liczby jego krawędzi do postaci digrafu, macierzowego zapisu struktury konstrukcyjnej jednostki montażowej w formie macierzy stanów oraz macierzy grafu, wyboru ścieżki ekstremalnej w digrafie.

Ważną częścią pracy jest szczegółowy algorytm wyznaczania kolejności montażu za pomocą macierzy hipergrafu i grafu skierowanego, macierzy stanów oraz grafu, który zaimplementowano do programu komputerowego.

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na wymyśleniu metody, określeniu jej założeń i metodyki prowadzonych badań. Kandydat wykonał przykładowe badania i przeprowadził ich analizę, a także napisał manuskrypt w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

[H12] Marcin Suszyński, Jan Żurek, Robert Cieślak, Matrix recording of assembly unit and assembly sequence, Advances in Manufacturing Science and Technology, 2013, vol. 37, iss. 2.

MEiN: 6, liczba cytowań: 2 - Google Scholar

Jednym z głównych części systemu montażowego jest efektywny sposób reprezentacji wyrobu przeznaczonego do montażu. Opis i zakodowanie danych, jakimi przykładowo jest cyfrowy zapis rysunku złożeniowego, musi umożliwiać łatwe ich przetwarzanie i relacyjne powiązanie z innymi współpracującymi z nim systemami lub bazami danych. W celu sprawnego planowania oraz przyspieszenia procesów przetwarzania danych w procesie montażu sam opis wyrobu musi charakteryzować się nie tylko jednoznacznością, ale także kompleksowym opisem cech mających wpływ na przebieg procesu.

W pracy [H12] przedstawiono próbę analizy macierzowego zapisu grafu oraz hipergrafu skierowanego do wyznaczania kolejności montażu, uwzględniając specyfikę modelu jednostki montażowej. Ponadto przedstawiono zastosowanie macierzy grafu i stanów montażu do modelowania i ustalania sekwencji montażu.

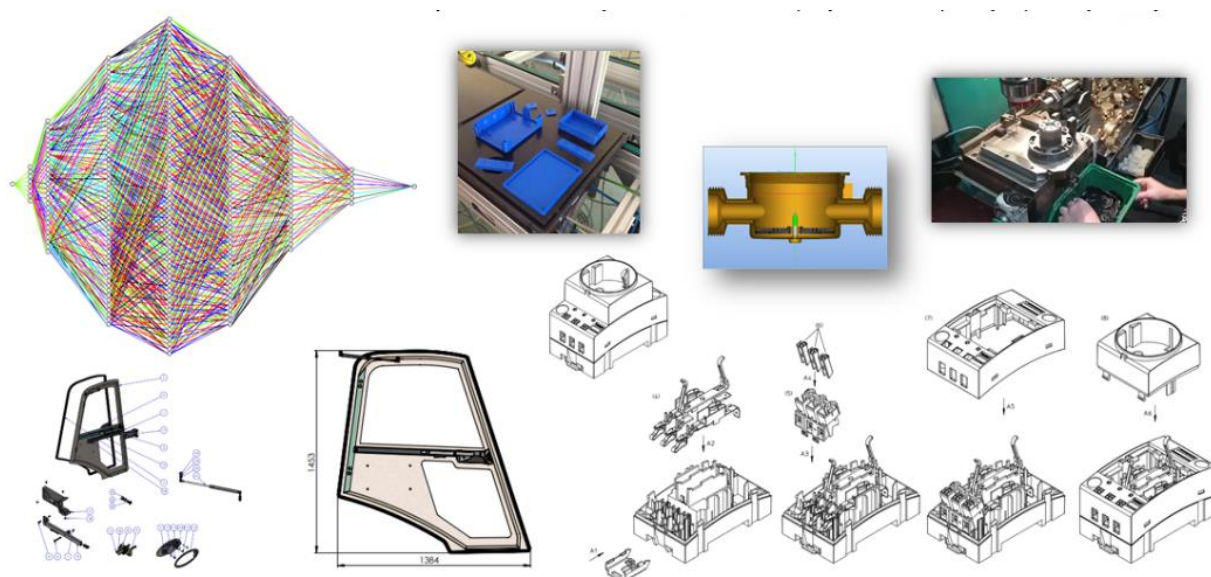
Dokonano również krótkiego porównania najbardziej istotnych ich cech. Wykazano, że odpowiednia macierzowa reprezentacja jednostki montażowej, stanowiąca podstawę współczesnych komputerowych algorytmów przeszukiwania, powinna umożliwiać efektywne ustalenie racjonalnych kolejności łączenia jej części, poczynając od samego generowania

wszystkich dopuszczalnych ze względu na ograniczenia konstrukcyjne sekwencji montażowych, na ich ocenie za pomocą wybranych kryteriów kończąc.

W pracy omówiono przykłady reprezentacji grafu za pomocą zaproponowanych macierzy stanów montażu oraz macierzy grafu. Zestawiono także ich możliwości w zakresie ustalania kolejności montażu, uzyskując w ten sposób skrócenie czasu, a w konsekwencji ograniczenie kosztów.

Wkład habilitanta w powstanie publikacji polegał na wymyśleniu metody, określeniu jej założeń i metodyki prowadzonych badań. Kandydat był autorem proponowanej w ramach badania propozycji zastosowania wybranych macierzy w celu optymalizacji procesu montażu. Ponadto wykonał przykładowe badanie i przeprowadził jego analizę, a także napisał manuskrypt w wersji pierwotnej oraz ostatecznej po recenzjach.

Całość przedstawionych w cyklu publikacji badań oparto na wielu przykładach, głównie z przemysłu maszynowego oraz elektromaszynowego, których wybrane przykłady przedstawiono na rys. 9.



Rys. 9. Wybrane przykłady wyrobów stosowanych w autorskich badaniach

4.3. Dorobek uzupełniający, niewchodzący w skład habilitacyjnego osiągnięcia naukowo-badawczego

Dorobek uzupełniający z zakresu omawianych osiągnięć habilitacyjnych w postaci parunastu publikacji przedstawiono w szczególności w punktach 4.3.2 oraz 4.3.3.

4.3.1. Artykuły opublikowane w czasopismach posiadających współczynnik wpływu IF (*Impact Factor*):

1. Vit Cernohlávek, Frantisek Klimenda, Pavel Houska, **Marcin Suszyński**, Vibration Measurements on a Six-Axis Collaborative Robotic Arm - Part I, Sensors, 2023, vol. 23, iss. 3 (MEiN: 100, IF: 3,847).
2. Frantisek Klimenda, Roman Cizek, **Marcin Suszyński**, Measurement of a Vibration on a Robotic Vehicle, Sensors - 2022, vol. 22, iss. 22, (MEiN: 100, IF: 3,847).
3. Martin Svoboda, Milan Chalupa, Karel Jelen, František Lopot, Petr Kubový, Milan Sapieta, Zdeněk Krobot, **Marcin Suszyński**, Load Measurement of the Cervical Vertebra C7 and the Head of Passengers of a Car While Driving Across Uneven Terrain, Sensors, 2021, vol. 21, no. 11, (MEiN: 100, IF: 3,847).
4. Michał Chruściński, Szymon Szkudelski, Jacek Borowski, Artur Meller, **Marcin Suszyński**, New Copper Alloys Used to Make Products Intended for Contact with Drinking Water, Materials, 2021, vol. 14, no. 21, (MEiN: 140, IF: 3,748).
5. Olaf Ciszak, Jakub Juszkievicz, **Marcin Suszyński**, Programming of Industrial Robots Using the Recognition of Geometric Signs in Flexible Welding Process, Symmetry, 2020, vol. 12, no. 9, (MEiN: 70, IF: 2,713).

4.3.2. Artykuły opublikowane w czasopismach nieposiadających współczynnika wpływu IF (*Impact Factor*):

1. Artur Meller, **Marcin Suszyński**, Stanisław Legutko, Marek Trączyński, Vit Černohlávek, Studies on a robotised process for forging steel synchronizer rings in the context of forging tool life Manufacturing Technology, 2023, vol. 23, no. 1 (MEiN: 70).
2. Vít Černohlávek, Jan Štěřba, Martin Svoboda, Tomáš Zdráhal, **Marcin Suszyński**, Milan Chalupa, Zdeněk Krobot, Verification of the safety of storing a pair of pressure vessels, Manufacturing Technology, 2021, vol. 21, no. 6 (MEiN: 70).
3. Robert Cieślak, Julia Kałużna, Katarzyna Peta, **Marcin Suszyński**, Marcin Wiśniewski, Evaluation and choice of a wrapper for packing products using the AHP method, Technologia i Automatyzacja Montażu, 2020, nr 2, s. 9-15 (MEiN: 20).
4. Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Adrian Wiatrowski, REPRAP P3STEEL spatial printer construction design, Technologia i Automatyzacja Montażu, 2020, nr 4, s. 1-6 (MEiN: 20).

5. Robert Rogaczewski, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, The impact of digitalization and Industry 4.0 on the optimization of production processes and workplace ergonomics, Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie, 2020, t. 48, nr 4, s. 133-145 (MEiN: 20).
6. Michał Regus, Adam Patalas, **Marcin Suszyński**, Rafał Talar, Variables of application of collaborative robots in ergonomic assembly working stations, Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie, 2020, t. 48, nr 4, s. 121-131 (MEiN: 20).
7. Marcin Wiśniewski, Olaf Ciszak, Katarzyna Peta, **Marcin Suszyński**, Robert Cieślak, Analiza momentów i sił chwytających przyssawek w modułowych chwytakach podciśnienia, Technologia i Automatyzacja Montażu, 2019, nr 1, s. 6-12 (MEiN: 20).
8. Katarzyna Peta, Jan Żurek, Marcin Wiśniewski, **Marcin Suszyński**, Robert Cieślak, Ocena połączeń klinowych z uszczelką kształtową nakładaną ręcznie i wylewaną na modułowym zrobotyzowanym stanowisku montażowym Technologia i Automatyzacja Montażu, 2018, nr 4, s. 6-10 (MEiN: 7).
9. Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Jan Żurek, Katarzyna Peta, Marcin Wiśniewski, Wybór metody badania czasochłonności montażu za pomocą wielokryterialnego wspomaganie decyzji, Technologia i Automatyzacja Montażu, 2018, nr 3, s. 39-44 (MEiN: 7).
10. **Marcin Suszyński**, Marcin Butlewski, Ergonomic solutions to support forced static positions at work, MATEC Web of Conferences, 2017, vol. 137 (MEiN: 15).
11. **Marcin Suszyński**, Robert Cieślak, Selection of methods used for analyzing the standard time needed to complete the assembly process by means of a fuzzy analytic hierarchy proces, MATEC Web of Conferences, 2017, vol. 137 (MEiN: 15).
12. Arkadiusz Pietrowiak, Olaf Ciszak, Marcin Wiśniewski, Katarzyna Peta, **Marcin Suszyński**, Algorytm optymalizacji kolejności operacji w ramach modułowej linii produkcyjnej, Technologia i Automatyzacja Montażu, 2015, nr 3, s. 13-17 (MEiN: 7).
13. Kazimierz Czapczyk, **Marcin Suszyński**, Stanisław Legutko, Łukasz Furmański, Paweł Grobelny, Analiza możliwości zastosowania w pojazdach kolejowych kół zębatach ze stopu aluminium, 16th International Conference Automation in Production Planning and Manufacturing, Žilina 2015 - Žilina, Slovak Republic : Vedecko-technická spoločnosť pri Žilinskej univerzite, 2015, s. 33-37.
14. Jan Żurek, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Determination of time consumption of actual and virtual assembly processes using the MTM methodology, Archives of Mechanical Technology and Automation, 2012, vol. 32, no. 3, s. 69-76.
15. Jan Żurek, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Practical evaluation of methods of research in assembly time consumption, Archives of Mechanical Technology and Automation - 2012, vol. 32, no. 4, s. 43-53.

16. Jan Żurek, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Wyniki badania czasochłonności procesu technologicznego montażu metodą ChronFotoRC, Archives of Mechanical Technology and Automation, 2012, vol. 32, no. 2, s. 123-130.
17. Jan Żurek, Olaf Ciszak, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Ocena i wybór robota przemysłowego metodą AHP, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, 2011, vol. 31, nr 2, s. 201-211.
18. **Marcin Suszyński**, Olaf Ciszak, Jan Żurek, Metodyka ustalania kolejności montażu z użyciem hipergrafu, grafu skierowanego i macierzy stanów, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, 2009, vol. 29, nr 4, s. 103-111.
19. Jan Żurek, **Marcin Suszyński**, Algorytmizacja ustalania kolejności montażu za pomocą hipergrafu i grafu skierowanego, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją, 2009, nr 10, s. 111-118.
20. **Marcin Suszyński**, Olaf Ciszak, Jan Żurek, Modelowanie montażowej struktury wyboru za pomocą hipergrafu i grafu skierowanego oraz ustalanie dopuszczalnej kolejności montażu, Archiwum Technologii Maszyn i Automatyzacji, 2008, vol. 28, nr 4, s. 107-116.
21. Jan Żurek, Olaf Ciszak, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Dobór metod badania czasu pracy w procesie montażu, Technologia i Automatyzacja Montażu, 2007, nr 2-3, s. 30-35.
22. **Marcin Suszyński**, Jan Żurek, Olaf Ciszak, Robert Cieślak, Metodyka projektowania ergonomicznego stanowiska montażu ręcznego, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej. Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją, 2007, nr 7, s. 177-187.
23. Jan Żurek, Olaf Ciszak, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Modelowanie i symulacja procesu kompletacji silników autobusowych, Technologia i Automatyzacja Montażu, 2007, nr 2-3, s. 40-45.
24. **Marcin Suszyński**, Jan Żurek, Olaf Ciszak, Cieślak Robert, Metodyka projektowania ergonomicznego stanowiska montażu ręcznego, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Budowa Maszyn i Zarządzanie Produkcją, 2007, nr 7.
25. Jan Żurek, Olaf Ciszak, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Metody badania czasu pracy w procesach montażu, Technologia i Automatyzacja Montażu, 2006, nr 3, s. 43-46.

4.3.3. Rozdziały opublikowane w monografiach

1. Artur Meller, **Marcin Suszyński**, Stanisław Legutko, Marek Trączyński, Vit Cernohlavek, Conceptual robotic station for steel synchronizer rings forging in the context of the durability of forging tools, W: Experimentální a výpočtové metody v inženýrství: 9. ročník konference pro mladé vědecké pracovníky, red. Martin Svoboda: J. E. Purkyně University in Ústí nad Labem, 2022, s. 54-66.
2. Artur Meller, **Marcin Suszyński**, Stanisław Legutko, The approach of SMEs from the metal industry to the implementation of the Industry 4.0 Concept using the example of Central and Eastern Europe, Proceedings of the 8th International Conference of Experimental and Calculation Methods, red. Martin Svoboda, 2021, s. 11-17.

3. Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Zastosowanie oprogramowania ShowFlow firmy Incontrol Simulation Software B.V. do modelowania i symulacji procesu technologicznego montażu, Współczesne wyzwania inżyniera w aspekcie 10-lecia kierunku mechanika i budowa maszyn PWSZ w Koninie, red. Edward Pająk, Robert Roszak, Robert Cieślak, Konin, Polska, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie, 2018, s. 5-16.
4. Piotr Jabłoński, Rafał Talar, Katarzyna Peta, Karol Grochalski, **Marcin Suszyński**, Modelling of a contact pressure distribution caused by assembly errors in a spur gear transmission, 22nd International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics MMAR 2017, Miedzyzdroje, Poland, August 28-31, 2017: IEEE, 2017, s. 965-970.
5. Jan Żurek, Olaf Ciszak, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Modelowanie i symulacja montażu zespołu napędowego w autobusie, Materiały V Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Projektowanie Procesów technologicznych TPP’2006, 19-20.10.2006 Poznań, red. Stanisław Legutko, Politechnika Poznańska, Wyd. Komisja Budowy Maszyn PAN, Oddział w Poznaniu, Poznań 2006, s. 435-443.

4.3.4. Konferencje naukowe

1. 9th ECM International Conference, **współautor referatu**: Conceptual robotic station for steel synchronizer rings forging in the context of the durability of forging tools, Ústí nad Labem, Czech Republic, 15-17 June 2022.
2. 8th International Conference of Experimental and Calculation Methods, **współautor referatu**: The approach of SMEs from the metal industry to the implementation of the Industry 4.0 Concept using the example of Central and Eastern Europe, Ústí nad Labem, Czech Republic, 30 September 2021.
3. V Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna: Połączenia montażowe – konstrukcja i technologia PM - 2019, 4-7.06.2019, **współautor referatu**: Projekt budowy drukarki przestrzennej REPRAP P3Steel, Dołżyca 2019.
4. International Scientific-Technical Conference Manufacturing 2019, **współautor referatu**: Selection of Assembly Sequence for Manual Assembly Based on DFA Rating Factors, Poznań 19-22.05.2019.
5. Performance Management or Management Performance. The 6 th RMEE2018, **współautor referatu**: Ergonomic criteria in the optimization of assembly processes, Romania, Cluj-Napoca, 2018.
6. VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Modułowe Technologie i Konstrukcje w budowie - MTK 2018, **współautor referatu**: Wybór metody badania czasochłonności montażu za pomocą wielokryterialnego wspomaganie decyzji, 5-8.06.18 Berezka.

7. Międzynarodowe Seminarium Ergonomii, Poznań 23-25 maja 2018, **współautor referatu**: The impact of digitalization and industry 4.0 on the optimization of production processes and workplace ergonomics, Poznań 2018.
8. Międzynarodowe Seminarium Ergonomii, Poznań 23-25 maja 2018, **współautor referatu**: Application of collaborative robots in ergonomic assembly working stations, Poznań 2018.
9. Modern Technologies in Manufacturing (MTeM 2017 - AMaTUC), **współautor referatu**: Ergonomic solutions to support forced static positions at work, MATEC Web of Conferences, Cluj-Napoca, Romania, 2017, BEST PAPER award at the S1 Section.
10. Modern Technologies in Manufacturing (MTeM 2017 - AMaTUC), **współautor referatu**: Selection of methods used for analyzing the standard time needed to complete the assembly process by means of a fuzzy analytic hierarchy process, MATEC Web of Conferences, Cluj-Napoca, Romania, 2017.
11. Międzynarodowa Konferencja „Projektowanie procesów technologicznych TPP`2009”, **współautor referatu**: Ocena i wybór robota przemysłowego metodą AHP, Poznań, 19-20.11.2009.
12. 3th International Conference „Virtual Design and Automation – VIDA”, Innovation in Product and Process Development, 28 - 29.06.2007 r., **współautor referatu**: Modelling assembly structure with the help of hypergraph, Poznań 2007.
13. Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna nt: Połączenia montażowe konstrukcja, i technologia PM 2007, **współautor referatu**: Dobór metod badania czasu pracy w procesie montażu, 20-22.06.2007 r., Nozdrzec k/Dynowa.
14. V edycja Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej „Projektowanie procesów technologicznych”, **współautor referatu**: Modelowanie i symulacja montażu zespołu napędowego w autobusie, 19-20.10.2006 r., Poznań.
15. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna na temat: Modułowe Technologie i Konstrukcje w Budowie Maszyn, 7-9.06.2006r, Bezmiechowa, **współautor referatu**: Metody badania czasu pracy w procesach montażu, 7-9.06.2006r, Bezmiechowa.

4.3.5. Projekty B+R

1. Projekt: *FAS Control System adaptacyjnego sterowania procesem produkcji korpusu wodomierza*, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020, działanie 1.1/poddziałanie 1.1.1 (konkurs 1/1.1.1/2022, Szybka Ścieżka – Innowacje cyfrowe), POIR.01.01.01-00-0163/22, **kluczowy członek B+R**, 2022-2023.
2. Projekt *INXENIA - Diagnostic Visual Toys* realizowany w ramach programu „Strefa Pomysłodawcy - Wsparcie 4.0”, doradztwo IPR, współfinansowany ze środków Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, osi priorytetowej II: Wsparcie

- otoczenia i potencjału przedsiębiorstw do prowadzenia działalności B+R+I, **wykonawca**, Poznań 2022-2023.
3. Projekt SSN, II edycja, organizator: Poznański Akademicki Inkubator Przedsiębiorczości, finansowanie: Europejski Fundusz Społeczny, Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki 2007-2013, priorytet IV, działanie 4.2, *Wdrożenie autorskiego systemu ustalania i usprawniania kolejności montażu w firmie CUT STEEL w Sieroszewicach*, **kierownik, wykonawca**, Poznań, Sieroszewice, 01.11.12-30.04.13.
 4. Projekt na finansowanie działań badawczych w ramach konkursu na realizację zadań badawczych związanych z rozwojem młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich (DdMNIID), temat projektu: *Opracowanie podstaw teoretycznych dotyczących opracowania ergonomicznego wspornika ciała przeznaczonego do operacji chirurgicznych*, **kierownik projektu, wykonawca**, 2013.
 5. Program Lider, Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, temat projektu: *System selektywnego doboru komponentów w montażu obrabiarek*, nr LIDER/7/76/L-3/11/NCBR/212, **wykonawca**, 2012.
 6. Projekt celowy pt. *Robotyzacja prac tapicerskich elementów foteli środków komunikacji masowej*, STER Sp. z o. o., decyzja MEiN nr 04242/1/C.ZR8-6/2008 z 22 dnia 25.09.2008 r, nr projektu: 6 ZR7 2007 C/06913, **wykonawca**, 2009.
 7. Udział w projekcie *Staże i szkolenia drogą do komercjalizacji wiedzy*, Europejski Fundusz Społeczny, Program Operacyjny Kapitał Ludzki 2007-2013, priorytet IV, działanie 4.2, Rozwój kwalifikacji kadr systemu B+R i wzrost świadomości roli nauki w rozwoju gospodarczym, 01.11.12-30.04.13.
 8. Udział w projekcie *Kampania szkoleniowo – informacyjna kluczem do współpracy nauki z przemysłem* realizowanym przez Instytut Technologii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej, współfinansowanym przez EFS w ramach POKL, działanie 4.2; UDA – POKL.04.02.00-00-015/09-00, 2009.
 9. **Wykonawca** w projekcie, *Inżynieria wiedzy dla inteligentnego rozwoju*, zadanie nr 4 - studia podyplomowe: *Ekotechnologie i montaż*, nr PKOL 04.03.00-00-131/12, Kapitał Ludzki, Narodowa Strategia Spójności z Europejskiego Funduszu Społecznego.
 10. **Wykonawca** w projekcie, *Mechanika i Budowa Maszyn kierunkiem twoich sukcesów*, zadanie nr 4: *Robotyzacja procesów wytwórczych*, nr UDA-POKL-04.01.02-00-164/10-00, Kapitał Ludzki, Narodowa Strategia Spójności z Europejskiego Funduszu Społecznego., 2013-2014.
 11. **Członek zespołu badawczego**, *Optymalizacja procesu montażu korpusu licznika wodomierza z wykorzystaniem sieci neuronowej w Fabryce Armatur Swarzędz*, Poznań - Rabowice 2022-2023 (w trakcie realizacji).
 12. **Członek zespołu badawczego**, *Badania z zakresu zrobotyzowanego nakładania powłok na autorskim stanowisku badawczym*, Poznań 2022 – 2023 (w trakcie realizacji).

13. **Członek zespołu badawczego**, *Opracowanie koncepcji rozwiązań, optymalizacji przebiegu procesu zrobotyzowanego stanowiska klejenia zaworu butli gazowej dla Fabryki armatur Swarzędz*, Poznań, Rabowice 2022.
14. **Członek zespołu badawczego**, *Optymalizacja montażu drzwi wózków widłowych w przedsiębiorstwie produkcyjnym*, tematy: 1. Planowanie sekwencji montażowych za pomocą sieci neuronowych oraz wybranych kryteriów oceny sekwencji montażowej, 2. Wyznaczanie kolejności montażu z zastosowaniem sieci neuronowych oraz wybranych kryteriów oceny DFA (*Design for Assembly*), Poznań 2019.
15. **Członek zespołu badawczego**, JAFO S.A., *Badanie czasów montażu oraz procesu technologicznego montażu wrzeciona w firmie JAFO S.A.*, Jarocin, wrzesień 2010.
16. **Członek zespołu badawczego**, Phoenix Contact Sp. z o.o., *Badania procesów montażu zespołów elektrotechnicznych w kierunku zwiększenia wydajności procesu*, Nowy Tomyśl, sierpień 2008.
17. **Członek zespołu badawczego**, FAMOT Sp. z o.o., *Badanie czasów oraz procesu technologicznego montażu obrabiarki w kierunku zwiększenia wydajności przebiegu procesu*, Pleszew, sierpień 2007.
18. **Członek zespołu badawczego**, udział w pracach badawczych Zakładu Projektowania Technologii w zakresie Działalności Statutowej (02/22/DSPB/1388):
Badania procesów technologicznych obróbki i montażu - w okresie 2017-2018.
19. **Członek zespołu badawczego**, udział w pracach badawczych Zakładu Projektowania Technologii w zakresie Działalności Statutowej (02/22/DSPB/1319):
Opracowanie metodyki integracji systemów trójwymiarowej wizji maszynowej z robotami przemysłowymi - w roku 2016.
20. **Członek zespołu badawczego**, udział w pracach badawczych Zakładu Projektowania Technologii w zakresie Działalności Statutowej (02/22/DSPB/1207):
Projektowanie i automatyzacja procesów wytwarzania - w roku 2015-2016.
21. **Członek zespołu badawczego**, udział w pracach badawczych Zakładu Projektowania Technologii w zakresie Badań Własnych (22-700/10/BW):
Badania, modelowanie oraz symulacja procesów technologicznych - w roku 2010.
22. **Członek zespołu badawczego**, udział w pracach badawczych Zakładu Projektowania Technologii w zakresie Badań Własnych (22-573/09/BW):
Badania, modelowanie oraz symulacja procesów technologicznych - w roku 2009.
23. **Członek zespołu badawczego**, udział w pracach badawczych Zakładu Projektowania Technologii w zakresie Badań Własnych (22-437/07/BW):
Badania, modelowanie oraz symulacja procesów technologicznych - w roku 2007.
24. **Członek zespołu badawczego**, udział w pracach badawczych Zakładu Projektowania Technologii w zakresie Badań Własnych (22-333/06/BW):
Badania, modelowanie oraz symulacja procesów technologicznych - w roku 2006.

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 jednostce naukowej zagranicznej potwierdzona jest między innymi wspólnymi publikacjami naukowymi powstałymi w wyniku realizacji oraz wspólnych projektów naukowo-badawczych, planowaniem i przygotowaniem kolejnych, mobilnością akademicką oraz wsparciem w organizacji, wspólnym udziałem oraz członkostwem w komitetach naukowych konferencji międzynarodowych:

1. członek komitetu naukowego, wsparcie organizacji: 9th ECM International Conference, Experimental and Calculation Methods, Ústí nad Labem, Czech Republic, 15-17 June 2022 (konferencja międzynarodowa),
2. członek komitetu naukowego konferencji: 10th ECM International Conference, Experimental and Calculation Methods, Ústí nad Labem, Czech Republic, 14-16 June 2023 (konferencja międzynarodowa).

Mobilność akademicka oraz aktywność naukowa w więcej niż jednej uczelni zagranicznej (wraz z okresem pobytu) wykazana została w poniższej tabeli. W dalszej części autoreferatu przedstawiono również potwierdzenie aktywności naukowej na uczelni zagranicznej.

Okres	Nazwa instytucji, miejscowość	Charakter studiów, szkolenia lub stażu
05.06.2021-12.09.2021r.	Faculty of Mechanical Engineering of Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem Czech Republic	Realizacja badań o prac w zakresie procesu technologicznego montażu, zastosowania robotów przemysłowych w ramach Industry 4.0 i 5.0 oraz innych dziedzin
06.10.2010-30.10.2010r.	Technical faculty Rijeka Croatia	Staż naukowy w zakresie procesów technologicznych montażu, w ramach Central European Exchange Program for University Studies
03.05.2010-30.05.2010r.	North University of Baia Mare Romania	Staż naukowy w zakresie procesów technologicznych montażu, w ramach Central European Exchange Program for University Studies
03.11.2006-29.11.2006r.	Slovak University of Technology, Faculty of Material Sciences and Technology in Trnava Slovakia	Staż naukowy w zakresie procesów technologicznych montażu, w ramach Central European Exchange Program for University Studies
02.05.2006-30.05.2006r.	Technical University of Cluj Napoca Romania	Staż naukowy w zakresie procesów technologicznych montażu, w ramach Central European Exchange Program for University Studies

DEAN

JAN EVANGELISTA PURKYNĚ UNIVERSITY IN ÚSTÍ NAD LABEM

Faculty of Mechanical Engineering

Poznan University of Technology
Faculty Mechanical Engineering
3 Piotrowo street
69-965 Poznan
Poland

Ústí nad Labem October 12, 2021

LETTER OF ACCEPTANCE

PhD Eng. Marcin Suszyński from the Poznan University of Technology has visited Faculty of Mechanical Engineering of Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem (Czech Republic) as a guest scientist between 05.06.2021 and 12.09.2021. Due to the epidemiological situation in Poland and in Czech Republic, the internship was carried out in a hybrid manner, partly remotely and partly stationary, due to a postdoctoral research internship.

Participation in the postdoctoral research internship made it possible to establish contacts with scientists in mechanical engineering. During his stay, dr Marcin Suszyński had meetings with academic workers to discuss scientist problems, common scientific and research fields, and potential future projects. In addition, dr Marcin Suszyński had a chance to present the results of his scientific research. The presented research was discussed with researchers from various scientific branches.

During the internship, dr Marcin Suszyński additionally supported the organization of the conference and he is the scientific committee member of the "8th INTERNATIONAL CONFERENCE OF EXPERIMENTAL AND CALCULATION METHODS" (30. September 2021, in Ústí nad Labem).

As part of the postdoctoral internship at the Faculty of Mechanical Engineering of Jan Evangelista Purkyně University, dr Marcin Suszyński has carried out investigations in an international team in the field of the technological assembly processes, the use of industrial robots in the factory 4.0 and 5.0, and other fields.

One of the major results of this of cooperation are among others scientific articles prepared together for publication and to be published in prestigious journals with IF and the planned other articles, research, projects and participation in conferences.

Additionally, dr Marcin Suszyński was the substantive and scientific supervisor of PhD students (Klara Caisova, Vit Cernohlavek, Josef Ponikelsky, Igor Zuravsky) from Jan Evangelista Purkyně University in Ústí nad Labem from 15.03.21 to 15.04.21.



prof. Ing. Štefan Michna, PhD., dean of the faculty

UNIVERZITA J. E. PURKYNĚ
v ÚSTÍ NAD LABEM
Fakulta strojního inženýrství
Pasteurova 3334/7
400 96 Ústí nad Labem

Faculty of Mechanical Engineering
Pasteurova 7, 400 01 Ústí nad Labem
tel: +420 475 285 529
fax: +420 475 285 566
e-mail: stefan.michna@ujep.cz
web: www.fsi.ujep.cz

5.1. Wybrany dorobek publikacyjny jako wynik działalności naukowo-badawczej realizowanej w ramach współpracy międzynarodowej

1. Vit Cernohlavek, Frantisek Klimenda, Pavel Houska, Marcin Suszyński, Vibration Measurements on a Six-Axis Collaborative Robotic Arm - Part I, Sensors, 2023, vol. 23, iss. 3 (MEiN: 100, IF: 3,847).
2. Artur Meller, **Marcin Suszyński**, Stanisław Legutko, Marek Trączyński, Vit Černohlávek, Studies on a robotised process for forging steel synchronizer rings in the context of forging tool life Manufacturing Technology, 2023, vol. 23, no. 1 (MEiN: 70).
3. Frantisek Klimenda, Roman Cizek, **Marcin Suszyński**, Measurement of a Vibration on a Robotic Vehicle, Sensors, 2022, vol. 22, iss. 22, s. (MEiN: 100, IF: 3,847).
4. Martin Svoboda, Milan Chalupa, Karel Jelen, František Lopot, Petr Kubový, Milan Sapieta, Zdeněk Krobot, **Marcin Suszyński**, Load Measurement of the Cervical Vertebra C7 and the Head of Passengers of a Car While Driving Across Uneven Terrain, Sensors - 2021, vol. 21, no. 11, (MEiN: 100, IF: 3,847).
5. Vít Černohlávek, Jan Štěřba, Martin Svoboda, Tomáš Zdráhal, **Marcin Suszyński**, Milan Chalupa, Zdeněk Krobot, Verification of the safety of storing a pair of pressure vessels, Manufacturing Technology, 2021, vol. 21, no. 6 (MEiN: 70).
6. Artur Meller, **Marcin Suszyński**, Stanisław Legutko, Marek Trączyński, Vit Cernohlavek, Conceptual robotic station for steel synchronizer rings forging in the context of the durability of forging tools, W: Experimentální a výpočtové metody v inženýrství: 9. ročník konference pro mladé vědecké pracovníky, red. Martin Svoboda: J. E. Purkyně University in Ústí nad Labem, 2022, s. 54-66.
7. Marcin Butlewski, Wiktoria Czernecka, Anna Pajzert, Michalina Radziejewska, **Marcin Suszyński**, Cristina Feniser, Ergonomic criteria in the optimization of assembly processes, Proceedings of the 6 th RMEE2018 - Performance Management or Management Performance - Cluj-Napoca, Romania, Todesco Publishing House, 2018, (MEiN: 15, liczba cytowań: 5).

5.2. Wybrany dorobek publikacyjny jako wynik działalności naukowo-badawczej realizowanej w ramach współpracy wielośrodkowej krajowej

1. Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Adrian Wiatrowski, REPRAP P3STEEL spatial printer construction design, Technologia i Automatyzacja Montażu - 2020, nr 4, s. 1-6 (MEiN: 20).

2. Robert Rogaczewski, Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, The impact of digitalization and Industry 4.0 on the optimization of production processes and workplace ergonomics, Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie - 2020, t. 48, nr 4, s. 133-145 (MEiN: 20).
3. Robert Cieślak, **Marcin Suszyński**, Zastosowanie oprogramowania ShowFlow firmy Incontrol Simulation Software B.V. do modelowania i symulacji procesu technologicznego montażu, Współczesne wyzwania inżyniera w aspekcie 10-lecia kierunku mechanika i budowa maszyn PWSZ w Koninie, red. Edward Pająk, Robert Roszak, Robert Cieślak - Konin, Polska: Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Koninie, 2018.
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

Działalność dydaktyczna

1. Promotor pomocniczy w przewodnie doktorskim mgr. inż. Artura Meller, tytuł rozprawy: *Multiobszarowe wsparcie organizacji procesu produkcyjnego z zastosowaniem narzędzi informatycznych w średniej wielkości przedsiębiorstwie metalowym*.
2. Współautor w skrypcie: *Podstawy robotyzacji – laboratorium*, temat: Obsługa i programowanie II robota przemysłowego IRB – 140, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2021.
3. Organizacja zajęć dydaktycznych i prac w laboratorium robotyzacji; opieka i nadzór nad laboratorium; opracowanie instrukcji do prowadzonych zajęć laboratoryjnych, ćwiczeniowych oraz projektowych.
4. Budowa trzech zrobotyzowanych stanowisk dydaktyczno-badawczych.
5. Kierowanie i prowadzenie prac w laboratorium robotyzacji Instytutu Technologii Mechanicznej, Wydziału Inżynierii Mechanicznej.
6. Opiekun merytoryczny i naukowy doktorantów z Evangelista Purkyne University in Ustí nad Labem, 15.03.21 - 15.04.21.
7. Opiekun merytoryczny oraz naukowy pracowników z uniwersytetu Evangelista Purkyne University in Ustí nad Labem, program ERASMUS+, 06.12.22 - 12.12.22.
8. Zajęcia dydaktyczne prowadzone na studiach I, II stopnia studiów stacjonarnych i niestacjonarnych:
 - Podstawy robotyzacji procesów produkcyjnych – wykład, laboratoria (odpowiedzialny za przedmiot, studia stacjonarne i niestacjonarne)

- Przemysłowe zastosowania robotów – wykład, laboratoria (odpowiedzialny za przedmiot, studia stacjonarne i niestacjonarne)
 - Robotyzacja procesów technologicznych – laboratoria
 - Robotyka – wykład, laboratoria (odpowiedzialny za przedmiot, studia niestacjonarne)
 - Podstawy robotyki – laboratoria
 - Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych – laboratoria
 - Modelowanie i optymalizacja procesów montażowych – wykład, ćwiczenia (odpowiedzialny za przedmiot, studia stacjonarne i niestacjonarne)
 - Zaawansowane procesy montażowe – wykład, laboratoria (odpowiedzialny za przedmiot, studia niestacjonarne)
 - Podstawy technologii montażu – laboratoria
 - Technologia i organizacja montażu – projekt
 - Organizacja i technologia montażu – projekt
 - Elastyczne systemy produkcyjne – laboratoria
 - Laboratorium w zakładach przemysłowych – laboratoria
 - Logistyka – ćwiczenia.
9. Promotor oraz recenzent ponad siedemdziesięciu prac magisterskich i inżynierskich z zakresu (głównie): montażu, robotyzacji, mechaniki i budowy maszyn, mechatroniki oraz inżynierii biomedycznej w:
- 2023 r. – promotor 2 prac magisterskich oraz 2 prac inżynierskich
 - 2022 r. – promotor 2 prac magisterskich oraz 3 prac inżynierskich
recenzent 4 prac inżynierskich
 - 2021 r. – promotor 4 prac magisterskich oraz 2 prac inżynierskich
recenzent 2 prac inżynierskich
 - 2020 r. – promotor 4 prac inżynierskich
recenzent 5 prac inżynierskich
 - 2019 r. – promotor 1 pracy magisterskiej
recenzent 2 prac inżynierskich
 - 2018 r. – promotor 3 prac magisterskich oraz 2 prac inżynierskich
recenzent 6 prac magisterskich oraz 4 prac inżynierskich
 - 2017 r. – promotor 2 prac magisterskich oraz 2 prac inżynierskich
 - 2016 r. – promotor 1 pracy magisterskiej oraz 2 prac inżynierskich
recenzent 4 prac inżynierskich
 - 2015 r. – promotor 1 pracy magisterskiej oraz 3 prac inżynierskich
 - 2014 r. – promotor 1 pracy magisterskich oraz 7 prac inżynierskich
recenzent 2 prac inżynierskich
 - 2013 r. – promotor 1 pracy magisterskiej.

6.2. Działalność organizacyjna

1. Organizacja, nadzór i realizacja prac dotyczących gospodarki materiałowej, inwentaryzacji oraz złomowania w Zakładzie Projektowania Technologii.
2. Promocja Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Politechniki Poznańskiej w ramach członkostwa w BCC - Business Centre Club - Łoża Wielkopolska.
3. Promocja Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Politechniki Poznańskiej w ramach Regionalnej Izby Gospodarczej w Kaliszu (RIG Kalisz).
4. Promocja uczelni w ramach prowadzenia i organizacji stoiska Politechniki Poznańskiej na Targach Edukacyjnych odbywających się na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich, 2023, Poznań.
5. Obsługa stoisk targowych Politechniki Poznańskiej podczas Hannover Messe, Republika Federalna Niemiec, 2010.
6. Prowadzenie Centrum Doradztwa i Zgłaszania potrzeb na innowacje w ramach Targów ITM Polska, 2008.
7. Projektowanie i prowadzenie strony internetowej Zakładu Projektowania Technologii w latach 2007-2014.
8. Budowa trzech zrobotyzowanych stanowisk dydaktyczno-badawczych.
9. Kierowanie, organizacja i prowadzenie prac w laboratorium robotyzacji Instytutu Technologii Mechanicznej, Wydziału Inżynierii Mechanicznej.
10. Promocja w Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Politechniki Poznańskiej w wybranych szkołach średnich województwa wielkopolskiego.
11. Członek komitetu naukowego konferencji: 10th ECM International Conference, Experimental and Calculation Methods, Ústí nad Labem, Czech Republic, 14 - 16 June 2023.
12. Członek komitetu naukowego oraz wsparcie organizacji: 9th ECM International Conference, Experimental and Calculation Methods, Ústí nad Labem, Czech Republic, 15 - 17 June 2022.
13. Członek komitetu naukowego konferencji oraz współorganizator sesji specjalnej: *Ubiquitous digitization from manufacturing organization perspective konferencji*, 7th International Scientific-Technical Conference Manufacturing 2022, 16-19.05.2022.
14. Członek komitetu naukowego oraz wsparcie organizacji: 8th ECM International Conference of Experimental and Calculation Methods, Ústí nad Labem, Czech Republic, 30 September 2021.
15. Członek komitetu organizacyjnego, udział w pracach związanych przygotowaniem i obsługą konferencji, współredaktor: 5th International Scientific-Technical Conference Manufacturing 2017, 24-26.10.2017.
16. Członek komitetu organizacyjnego, udział w pracach związanych przygotowaniem i obsługą Konferencji Naukowo-Technicznej TPP'09 „Projektowanie Procesów Technologicznych”, Poznań 19-20.11.2009.

6.3. Działalność naukowa i współpraca z jednostkami naukowo-badawczymi

1. Editorial board member of: *American Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, New York, USA.
2. Reviewer board member of: *Symmetry*, IF 2.940, Basel, Switzerland.
3. Guest Editor: *Machines*, Special Issue: *Advances in Robotic Machining*, IF 2.899, Switzerland.
4. Współpraca naukowa z Faculty of Mechanical Engineering of Jan Evangelista Purkyne University in Ustí nad Labem w zakresie: badań procesu technologicznego montażu, zastosowania i badań robotów przemysłowych, m. in. w ramach Industry 4.0 i 5.0.
5. Współpraca naukowa z Katedrą Nauk Technicznych, Akademii Nauk Stosowanych w Koninie w zakresie badań procesu technologicznego montażu.
7. Współpraca naukowa z Wydziałem Inżynierii Materiałowej i Fizyki Technicznej Politechniki Poznańskiej w zakresie budowy zrobotyzowanego stanowiska nakładania powłok oraz prowadzenie prac badawczych w tym zakresie, opiekun stanowiska.
8. Współpraca naukowa w obszarze technologii montażu, w szczególności ergonomii tego procesu, z Wydziałem Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.
9. Współpraca naukowa w obszarze technologii montażu z Uniwersytetem Zielonogórskim, Politechniką Rzeszowską, Université Paris-Saclay.
10. Recenzent w czasopismach:
 - *Applied Sciences*, ISSN 2076-3417, IF: 2,838
 - *Assembly Automation*, ISSN 0144-5154, IF: 1,256
 - *Sensors*, ISSN 1424-8220, IF: 3,847
 - *Processes*, ISSN 2227-9717, IF: 3,352
 - *Energies*, ISSN 1996-1073, IF: 3,252
 - *Technical Gazette*, ISSN 1330-3651, IF: 0,864
 - *Actuators*, ISSN 2076-0825, IF: 2,523
 - *Algorithms*, ISSN 1999-4893
 - *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, ISSN 2504-4494
 - *Automotive and Engine Technology*, ISSN 2365-5135
 - *Technologia i Automatyzacja Montażu*, ISSN 1230-7661.
11. Recenzent w ramach organizowanych cyklicznie Międzynarodowych Konferencji Manufacturing.
12. Recenzent w ramach V Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej: Połączenia montażowe – konstrukcja i technologia PM, 2019.
13. Wpółredakcja i korekta książki *Współczesne wyzwania inżyniera*, dla PWSZ Konin 2018/2019, ISSN 978-83-65038-36-4.
14. Prowadzenie Centrum Doradztwa i Zgłaszania potrzeb na innowacje na Targach ITM Polska.
15. Kierowanie i prowadzenie prac w laboratorium robotyzacji Instytutu Technologii Mechanicznej, Wydziału Inżynierii Mechanicznej.

6.4. Nagrody, wyróżnienia, podziękowania

1. Nagroda JM Rektora Politechniki Poznańskiej II stopnia za osiągnięcia naukowe uzyskane w roku akademickim 2021.
2. Wyróżnienie Rektora Politechniki Poznańskiej za zrealizowaną działalność naukową, 2021.
3. Nagroda Jubileuszowa Rektora Politechniki Poznańskiej, 2020.
4. *Best Paper Award*, Manufacturing Engineering, session II, The 13th International Conference on Modern Technologies in Manufacturing, Cluj Napoca, Romania, 2017.
5. Podziękowania dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania oraz kierownika Zakładu Inżynierii Produkcji za pełnienie funkcji przewodniczącego sesji w Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej Manufacturing 2017, 24-26 października 2017, Poznań, Polska.
6. Podziękowania dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania oraz kierownika Zakładu Inżynierii Produkcji za udział w przygotowaniu Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej, Manufacturing 2017.
7. Podziękowania dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania za działalność organizacyjną i zaangażowanie na rzecz promocji Wydziału, 24.10.2016.

6.5. Członkostwo w towarzystwach naukowych i instytucjach

1. Członek Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją (PTZP), oddział w Poznaniu.
2. Członek BCC - Business Centre Club - Łoża Wielkopolska.
3. Członek Regionalnej Izby Gospodarczej w Kaliszu.

6.6. Artykuły opublikowane w czasopismach i magazynach branżowych/popularnonaukowych

1. Metody badania czasu pracy w procesach montażu, Technologia i Automatyzacja Montażu - 2006, nr 3, s. 43-46.
2. Modelowanie i symulacja procesu kompletacji silników autobusowych, Technologia i Automatyzacja Montażu - 2007, nr 2-3, s. 40-45.
3. Dobór metod badania czasu pracy w procesie montażu, Technologia i Automatyzacja Montażu - 2007, nr 2-3, s. 30-35.
4. Algorytm optymalizacji kolejności operacji w ramach modułowej linii produkcyjnej, Technologia i Automatyzacja Montażu - 2015, nr 3, s. 13-17.
5. Ocena połączeń klinczowych z uszczelką kształtową nakładaną ręcznie i wylewaną na modułowym zrobotyzowanym stanowisku montażowym Technologia i Automatyzacja Montażu - 2018, nr 4, s. 6-10.

6. Analiza momentów i sił chwytających przyssawek w modułowych chwytakach podciśnienia, *Technologia i Automatyzacja Montażu* - 2019, nr 1, s. 6-12.
7. Wybór metody badania czasochłonności montażu za pomocą wielokryterialnego wspomagania decyzji, *Technologia i Automatyzacja Montażu* - 2018, nr 3, s. 39-44.
8. Evaluation and choice of a wrapper for packing products using the AHP method, *Technologia i Automatyzacja Montażu* - 2020, nr 2, s. 9-15.
9. REPRAP P3STEEL spatial printer construction design, *Technologia i Automatyzacja Montażu* - 2020, nr 4, s. 1-6.

7. Inne ważne informacje dotyczące kariery zawodowej

7.1 Specjalistyczne szkolenia i staże

1. Szkolenie/Webinar, DFMA Boothroyd Dewurst USA, „DFMA and Inflation: Mastering Cost-Effective Design for Long-Term Success”, 18.04.23.
2. Seminarium techniczne z zakresu procesów klejenia, Polskie Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Montażu, 11.03.2022, Warszawa.
3. Szkolenie *Projektowanie procesów wytwarzania i montażu*, TQM SOFT, 20-21.09.2018, Kraków.
4. Praktyki zawodowe w firmie Cut Steel Sieroszewice w dziale Planowania i Sterowania Produkcją, 01.11.12-30.04.13, Sieroszewice.
5. Uczestnictwo w seminariach: *Automatyzacja linii produkcyjnych*, 2012 (Katowice), 2013 (Kraków), 2014 (Kraków).
6. Seminarium *Roboty przemysłowe i manipulatory*, Trade Media International, 10.10.12, Katowice.
7. Kurs pedagogiczny dla nauczycieli akademickich, edycja 2007, organizator: Politechnika Poznańska.
8. Seminarium *Poznaj robot*, Technika Spawalnicza, 12.01.06, Poznań.
9. Seminarium *Komputerowe wspomaganie projektowania, wytwarzania, analizy inżynierskiej i zarządzania projektem*, Seminarium SolidWorks, 20.01.2006, Poznań.
10. Seminarium *Prezentacja pulpitu do robotów PANASONIC*, Technika spawalnicza, 06.2005, Poznań.
11. Seminarium organizowane przez Politechnikę Poznańską zakończone uzyskaniem tytułu Auditora Wewnętrznego Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Pracy według ISRS 18001, PN-N 18001 i SCC, 2005, Poznań.
12. Kurs językowy w Londynie, Speak Easy London, 07-08.2003, Wielka Brytania.

7.2. Współpraca z sektorem gospodarczym

1. Praktyki zawodowe w firmie Cut Steel Sieroszewice w Dziale Planowania i Sterowania Produkcją, 01.11.12-30.04.13.
2. Współpraca z BIT - Biznes-Innowacje-Technologie Sp. z o.o. w zakresie prowadzenia Centrum Doradztwa i Zgłaszania potrzeb na innowacje na Targach ITM Polska.
3. Współpraca w ramach BCC (Business Centre Club) Loża Wielkopolska, działania promocyjne na rzecz uczelni.
4. Współpraca z Regionalną Izbą Gospodarczą w Kaliszu, działania promocyjne na rzecz uczelni.
5. Współpraca w zakresie realizacji projektów, badań i zleceń z firmami:
 - Fabryka Armatur Swarzędz Sp. z o.o.
 - Norson Sp. z o.o.
 - Broader Sp. z o.o.
 - Cut Steel Sp. z o.o.
 - Kal-Pab Sp. z o.o.
6. Współpraca w zakresie badań przemysłowych z firmami:
 - Jafo S.A.
 - Famot Sp. z o.o.
 - Phoenix Contact Sp. z o.o.
7. Współpraca w zakresie realizacji zlecenia z firmą Hochland Polska Sp. z o.o.
8. Współpraca w zakresie realizacji projektów i badań z Sówka Racing
9. Współpraca w zakresie robotyzacji z firmami:
 - ABB Sp. z o.o.
 - Fanuc Polska Sp. z o.o.
 - Panasonic Poland
 - Technika Spawalnicza Sp. z o.o.
10. Współpraca w zakresie systemów wizji 3D z firmą Keyence International Poland.
11. Współpraca z firmami szkoleniowymi i handlowymi w zakresie procesów robotyzacji i montażu.

Tabela 1. Zbiorcze zestawienie osiągnięć naukowych przed i po uzyskaniu stopnia doktora

Rodzaj osiągnięć naukowych	Przed doktoratem	Po doktoracie	SUMA
Publikacje z bazy JCR (<i>Journal Citation Reports</i>)	0	11	11
Publikacje spoza bazy JCR	8	26	34
Wystąpienia na konferencjach międzynarodowych i krajowych	5	10	15
Udział w projektach naukowo-badawczych	1	5	6
Udział w projektach europejskich i międzynarodowych	2	3	5
Kierowanie i udział w zespołach realizujących projekty komercyjne/przemysłowe	3	5	8
Współpraca z zagranicznymi oraz krajowymi jednostkami naukowo-badawczymi	3	5	8
Wykonanie ekspertyz naukowych oraz opinii o innowacyjności	2	4	6
Członkostwo i udział w zespołach eksperckich oraz konkursowych	-	5	5
Wdrożenia technologiczne do przemysłu wyników prac B+R w ramach zrealizowanych projektów naukowych	-	3	3
Współpraca z sektorem gospodarczym przemysłu maszynowego	3	8	11
Członkostwo w krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych	-	3	3
Promotor prac magisterskich	-	19	19
Promotor prac inżynierskich	-	28	28
Nagrody, wyróżnienia, podziękowania	-	7	7

Tabela 2. Wskaźniki naukometryczne wg bazy SCOPUS

Baza SCOPUS (Sco)	Liczba publikacji	Liczba cytowań	Indeks Hirscha (h)
	19	93	7
Sumaryczny Impact Factor według <i>listy Journal Citation Reports</i> (JCR), zgodny z rokiem opublikowania:	IF = 29,224 na dzień 25.05.2023 r.		
Liczbie punktów MEiN / MEiN:	1469 pkt na dzień 25.05.2023 r.		

Marcin Suszyński
(podpis wnioskodawcy)