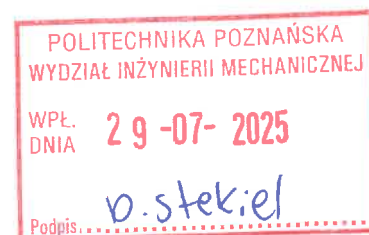


Dr hab. inż. Andrzej Jardzioch, prof. ZUT
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki
70-310 Szczecin
Al. Piastów 19

Szczecin 22.07.2025



RECENZJA OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH

Dr. inż. Krzysztofa Żywickiego
w postępowaniu habilitacyjnym

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji jest:

- Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023 poz. 742Lj).
- Pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżyniera Mechaniczna dr hab. inż. Bartosza Gapińskiego, prof. PP działającego na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Naukowej Inżyniera Mechaniczna Politechniki Poznańskiej (2/II/05/2025) z dnia 26 maja 2025 roku o powołaniu mnie na recenzenta w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Krzysztofowi Żywickiemu w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżyniera mechaniczna wszczętym w dniu 19 marca 2025 r.

Podstawą merytoryczną opracowania recenzji jest dokumentacja wniosku. W skład otrzymanej dokumentacji wchodzi:

1. Wniosek dr inż. Krzysztofa Żywickiego o przeprowadzenie postępowania w sprawie o nadanie stopnia doktora habilitowanego z dnia 19.03.2025 roku.
2. Dane wnioskodawcy.
3. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora.
4. Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżyniera mechaniczna.
5. Potwierdzenie odbycia stażu naukowego.

6. Autoreferat.

7. Dokumentacja w postaci artykułów naukowych będących przedmiotem osiągnięcia naukowego wraz z oświadczeniami autorów o wkładzie merytorycznym.

Stwierdzam, że otrzymana dokumentacja zawiera wystarczające informacje potrzebne do oceny zarówno osiągnięcia naukowego dra inż. Krzysztofa Żywickiego, jak i oceny całokształtu Jego dorobku naukowo-badawczego.

2. **Ogólna charakterystyka Kandydata**

Pan dr inż. Krzysztof Żywicki stopień doktora nauk technicznych w zakresie budowy i eksploatacji maszyn uzyskał 19 grudnia 2008 r.

Rozprawa doktorska zatytułowana „Zastosowanie metody powierzchni elementarnych do wariantowania operacji technologicznych” realizowana była pod opieką naukową dra hab. inż. Edwarda Pajaka, prof. Politechniki Poznańskiej, recenzentami byli: prof. dr hab. inż. Jan Żurek oraz prof. dr hab. inż. Józef Gawlik.

Zgodnie z zapisami ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, art. 219, ust. 1 pkt 1 - Kandydat spełnia warunek konieczny do nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego - posiada stopień doktora uzyskany na podstawie przepisów obowiązujących w polskim systemie prawa.

Poza pracą naukowo-badawczą Kandydat posiada szereg oryginalnych osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych zgodnie z art. 219 ust. 1. Pkt 2c ustawy.

W dokumentacji Kandydat wskazał następujące osiągnięcia:

1. Opracowanie modelu sterowania przepływem produkcji z zastosowaniem koncepcji cyfrowego bliźniaka. Zadanie to było realizowane w ramach projektu pt. „Opracowanie systemu informatycznego do aktywnego sterowania produkcją z zastosowaniem koncepcji Digital Twins”.
2. Opracowanie reguł wyboru metod sterowania przepływem produkcji z uwzględnieniem popytu oraz struktury wyrobów i procesów technologicznych. Zadanie to było realizowane w ramach projektu dla Fabryki Armatur „Swarzędz”.
3. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych zatytułowany „Metody i narzędzia analizy determinantów efektywnego sterowania przepływem produkcji”.

Głównymi tematami poruszonymi w artykułach było sterowanie przepływem produkcji, kalkulacja czasu produkcji, rzeczywistość rozszerzona oraz inteligentne systemy wspomagania decyzji.

4. Wystąpienia na konferencjach – World Conference on Information Systems and Technologies (WorldCIST'18), Manufacturing, International Scientific-Technical Conference (Poznań 2019, 2024), Konferencja Innowacje w Zarządzaniu i Inżynierii Produkcji (Zakopane 2015, 2016), Konferencja Projekty, Procesy, Programy (Gdańsk 2015), XIII Krajowa Konferencja Komputerowo Zintegrowane Zarządzanie (Zakopane 2010), International Conference Understanding Small Enterprises (USE 2009), V Konferencja Naukowo-Techniczna Inteltrans (Kraków 2009), Konferencja Naukowo-Techniczna: Projektowanie procesów technologicznych (TPP'2006), 7th International Conference: Automation in Production Planning and Manufacturing (Žilina 2006).
5. Udział w Komitecie programowym konferencji World Conference on Information Systems and Technologies (WorldCIST 2017).
6. Udział w projektach badawczych
 - FAS Control (system adaptacyjnego sterowania procesem produkcji korpusu wodomierza).
 - Opracowanie systemu informatycznego do aktywnego sterowania produkcją z zastosowaniem koncepcji Digital Twins.
 - Opracowanie technologii wytwarzania komponentów wnętrza pojazdów komunikacji publicznej wraz z systemem zarządzania i monitoringu produkcji według założeń koncepcji Przemysł 4.0 - dla OBR Ster Maciej Szymański.
 - Opracowanie innowacyjnego procesu suszenia cienkich elementów drzewnych pozyskiwanych metodą cięcia na mokro - Program sektorowy „WoodINN” (2018-2020).
 - Opracowanie systemu organizacji produkcji dla nowej rodziny foteli w ramach projektu „Opracowanie rodziny foteli do komunikacji masowej ukierunkowanej na poprawę bezpieczeństwa pasażerów w transporcie publicznym” (2017-2018).
 - EFFRaWood - Podniesienie efektywności wykorzystania surowca drzewnego w procesach produkcji w przemyśle – projekt w ramach programu BIOSTRATEG (2015-2016).

- Opracowanie i wdrożenie systemu organizacyjnego produkcji w nowym zakładzie produkcyjnym – projekt celowy dla przedsiębiorstwa Fabryka Armatur „Swarzędz” Sp. z o.o. (2010-2012).
 - Opracowanie i wdrożenie komputerowego systemu dla produkcji wieloasortymentowej – projekt celowy dla przedsiębiorstwa DOMEX Sp. z o.o. (2010-2012).
7. Członek Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją.
 8. Staże w instytucjach naukowych – Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy, University of Žilina (Faculty of Mechanical Engineering), University of Žilina (Department of Machining and Automation), University of Rijeka (Faculty of Engineering).
 9. Członkostwo w komitetach redakcyjnych – Guest Editor w czasopiśmie *Machines*, w ramach dwóch specjalnych numerów: *Special Issue: Intelligent Factory 4.0 – Advanced Production and Automation Systems*, *Special Issue: Intelligent Factory 4.0 – Advanced Production and Automation Systems, Volume II*, Członek Topical Advisory Panel czasopisma *Machines*.
 10. Recenzje prac naukowych – Applied Sciences – 4 recenzje, Sustainability – 7 recenzji, Sensors – 1 recenzja, Management and Production Engineering Review (MPER). Dodatkowo, habilitant recenzował prace konferencyjne m.in. dla: International Scientific-Technical Conference Manufacturing – edycje 2019, 2022, 2024, 15th Global Congress On Manufacturing and Management 2020, International Conference Innovation in Engineering – ICIE'2020, HELIX 2018 – International Conference on Innovation, Engineering and Entrepreneurship, WorldCIST Workshops 2017 – 5th World Conference on Information Systems and Technologies.
 11. Udział w programach międzynarodowych – projekt „MotoZIP – rozwój kompetencji w zarządzaniu i inżynierii produkcji dla przemysłu motoryzacyjnego”, opiekun staży i praktyk w ramach programu „Era Inżyniera. Rozbudowa Potencjału Rozwojowego Politechniki Poznańskiej”.
 12. Udział w zespołach badawczych, realizujące projekty inne niż określone w pkt. II.9 - projekt systemu nadzorowania przepływem produkcji dla przedsiębiorstwa MART-KAC S.C, opracowanie aplikacji informatycznej do zarządzania strukturą produkowanych wyrobów dla Zakładu Brązowniczego K. Bieliński P. Holas,

opracowanie i wykonanie aplikacji informatycznej wspomagającej proces przygotowania produkcji dla Zakładu Stolarskiego Wojciech Sowacki, organizacja przepływu produkcji w gnieździe montażowym dla Fabryki Armatur „Swarzędz” sp. z o.o..

3. Ocena osiągnięć naukowo-badawczych

3.1. Informacje ogólne

Podstawą do ubiegania się o uzyskanie stopnia doktora habilitowanego w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce jest **osiągnięcie projektowe pt. „Model sterowania przepływem produkcji z zastosowaniem koncepcji cyfrowego bliźniaka”, osiągnięcie projektowe pt. „Reguły wyboru metod sterowania przepływem produkcji z uwzględnieniem popytu oraz struktury wyrobów i procesów technologicznych” oraz cykl powiązanych tematycznie 10 artykułów naukowych zatytułowany „Metody i narzędzia analizy determinantów efektywnego sterowania przepływem produkcji”**. Artykuły te były publikowane w latach 2016-2023 i związane są z modelowaniem przepływu materiałów i informacji, harmonogramowaniem procesów produkcyjnych, wykorzystaniem symulacji komputerowych do analizy i prognozowania efektywności produkcji, zastosowaniem rzeczywistości rozszerzonej (AR) w kompletacji materiałów oraz zastosowaniem systemów wspomagania decyzji.

Oceniany cykl tworzą następujące, powiązane tematycznie publikacje:

1. Przemysław Zawadzki, Krzysztof Żywicki, Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0 concept, Management and Production Engineering Review, 2016, IF: 3,38, Punkty: 100
2. Krzysztof Żywicki, Przemysław Zawadzki, Fulfilling Individual Requirements of Customers in Smart Factory Model, Advances in Intelligent Systems and Computing, Springer, 2018, IF: 1, Punkty: 20
3. Krzysztof Żywicki, Filip Osiński, A comparison of production time calculation methods for customized products manufacturing, Advances in Manufacturing II, Springer, 2019, Punkty: 20
4. Krzysztof Żywicki, Filip Osiński, Radosław Wichniarek, Methodology of Estimating Manufacturing Task Completion Time for Make-to-Order Production, Innovation, Engineering and Entrepreneurship, Springer, 2019, Punkty: 20

5. Krzysztof Żywicki, Paulina Rewers, A simulation-based approach to study the influence of different production flows on manufacturing of customized products, *Advances in Production Engineering & Management*, 2020, IF: 3.38, Punkty: 100
6. Krzysztof Żywicki, Paweł Buń, Process of materials picking using augmented reality, *IEEE Access*, 2021, IF: 3.48, Punkty: 100
7. Krzysztof Żywicki, Tomasz Bartkowiak, Agnieszka Kujawińska, Application of a simulation model to the prognosis of material loss in wood processing, *PLoS ONE*, 2021, IF: 3.75, Punkty: 100
8. Kateryna Czerniachowska, Krzysztof Żywicki, Radosław Wichniarek, A Method to Improve Planning of Product Placement on a Printing Sheet, *Management and Production Engineering Review*, 2021, Punkty: 70
9. Kateryna Czerniachowska, Radosław Wichniarek, Krzysztof Żywicki, Constraint Programming for Flexible Flow Shop Scheduling Problem with Repeated Jobs and Repeated Operations, *Advances in Science and Technology Research Journal*, 2023, IF: 1.00, Punkty: 100
10. Kateryna Czerniachowska, Radosław Wichniarek, Krzysztof Żywicki, A Two-Step Matheuristics for Order-Picking Process Problems with One-Directional Material Flow and Buffers, *Applied Sciences*, 2023, IF: 2.70, Punkty: 100

Wszystkie prace wchodzące w jednotematyczny cykl są publikacjami w języku angielskim. Cześć z tych artykułów została opublikowana w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) i posiadają wskaźnik IF w zakresie od 1 do 3,48 punktów. Sumaryczny Impact Factor wynosi 27,67, liczba cytowań: 564 (bez autocytowań: 513), Indeks Hirscha (h-index): 11 (Scopus), Liczba punktów MN: 1776.

3.2. Ocena merytoryczna

Oceniane osiągnięcie naukowe zostało przedstawione w postaci opisu osiągnięć projektowych zawartych w załączniku nr 3 pt. „Autoreferat” oraz opracowania, zawierającego kopie artykułów tworzących cykl publikacji (załącznik nr 5 pt. „Artykuły naukowe będące przedmiotem osiągnięcia naukowego wraz z oświadczeniami autorów o wkładzie merytorycznym). Najważniejszym osiągnięciem naukowym dra inż. Krzysztofa Żywickiego związanym z realizacją projektu **„Opracowanie systemu informatycznego do aktywnego**

sterowania produkcją z zastosowaniem koncepcji Digital Twins” jest opracowanie autorskiego modelu sterowania przepływem produkcji. Model ten, oparty o koncepcję cyfrowego bliźniaka, odwzorowuje rzeczywisty proces produkcyjny i uwzględnia planowanie potrzeb materiałowych, analizę danych projektowych oraz prognozowanie zakłóceń. Na wyróżnienie zasługuje nowatorskie zintegrowanie wielokryterialnej analizy harmonogramów (metoda AHP) oraz systemu eksperckiego do wspomagania procesu harmonogramowania. Opracowany system został wyposażony w moduł ekspercki, który umożliwia automatyczne dobieranie reguł harmonogramowania w zależności od przyjętych celów produkcyjnych, takich jak minimalizacja opóźnień czy maksymalizacja ciągłości produkcji. Ważnym elementem są też zastosowane modele symulacyjne, które umożliwiają prognozowanie skutków zakłóceń w procesie produkcyjnym. System analizuje wpływ takich zdarzeń jak awarie maszyn, opóźnienia w rozpoczęciu operacji czy braki materiałowe i generuje alternatywne scenariusze realizacji zleceń. Dzięki temu możliwe jest dynamiczne reharmonogramowanie produkcji i podejmowanie decyzji w sposób predykcyjny, a nie reaktywny. Efektem zrealizowanego projektu było wdrożenie w przedsiębiorstwach HIT Kody Kreskowe sp.j., Bluebird Design i Kiel Polska. Zgodnie z informacjami przekazanymi w autoreferacie, dzięki zastosowaniu koncepcji cyfrowego bliźniaka udało się skrócić czas realizacji zleceń produkcyjnych, zwiększyć efektywność zarządzania materiałami, poprawić jakość produkowanych wyrobów (dzięki analizie danych i kontroli parametrów technologicznych) oraz zwiększyć stabilność procesów produkcyjnych. Dr inż. Krzysztof Żywicki pełnił funkcję kierownika B+R w tym projekcie. Był głównym pomysłodawcą projektu i realizował takie prace badawcze jak opracowanie modelu sterowania przepływem produkcji, modelu struktury danych cyfrowego bliźniaka, modelu harmonogramowania produkcji, modelu analizy danych oraz modelu prognozowania realizacji zleceń.

W ramach projektu badawczego pt. **„Reguły wyboru metod sterowania przepływem produkcji z uwzględnieniem popytu oraz struktury wyrobów i procesów technologicznych”** dr inż. Krzysztof Żywicki opracował zestaw praktycznych i naukowo ugruntowanych reguł decyzyjnych, które umożliwiają dobór efektywnej metody sterowania przepływem produkcji w zależności od specyfiki danego systemu wytwórczego. Podstawowym osiągnięciem było zdefiniowanie zestawu czynników wpływających na efektywność przepływu produkcji, określonych jako UWPZ – uwarunkowania wyrobów, procesów i zamówień. Do tych czynników zaliczono liczbę części składowych wyrobu, liczbę operacji technologicznych, liczbę współdzielonych stanowisk produkcyjnych, czasy jednostkowe

operacji (średnie i rozpiętość), zapotrzebowanie dzienne oraz częstotliwość zamówień. Na tej podstawie przeprowadzono analizę porównawczą pięciu metod sterowania przepływem materiałów: push (harmonogram), pull typu supermarket, pull sekwencyjny, pull mieszany oraz werbel-bufor-lina (Drum-Buffer-Rope).

Dla każdej z metod oceniano jej skuteczność w kontekście różnych wartości czynników UWPZ, przyjmując jako kryteria oceny czas przejścia materiału (lead time) oraz poziom zapasów międzyoperacyjnych. Analizy przeprowadzono na rzeczywistych danych produkcyjnych dla pięciu rodzin wyrobów, co pozwoliło na empiryczne potwierdzenie zależności między charakterystyką procesu a efektywnością danej metody sterowania.

W wyniku tych badań sformułowano konkretne reguły decyzyjne, które wskazują, jaka metoda sterowania jest najbardziej adekwatna w danych warunkach. Udowodniono, iż dla wyrobów o dużej liczbie części i operacji technologicznych, lepsze wyniki osiągają metody pull sekwencyjny lub werbel-bufor-lina, natomiast przy dużym dziennym zapotrzebowaniu bardziej efektywne są metody pull typu supermarket lub pull mieszany.

Opracowane reguły mają charakter uniwersalny i mogą być stosowane w różnych branżach przemysłowych. Stanowią one istotny wkład w rozwój wiedzy z zakresu inżynierii produkcji, a także dostarczają praktycznych narzędzi wspomagających podejmowanie decyzji w zakresie organizacji i optymalizacji przepływu produkcji. Projekt ten łączy podejście analityczne z praktyką przemysłową, co czyni go wartościowym zarówno z punktu widzenia nauki, jak i zastosowań wdrożeniowych.

Projekt został wdrożony w dwóch przedsiębiorstwach: **Fabryka Armatur „Swarzędz” sp. z o.o.** oraz **DOMEX sp. z o.o.**, gdzie opracowane rozwiązania zostały przetestowane w rzeczywistych warunkach przemysłowych. W obu przypadkach wdrożenie poprzedziły szczegółowe analizy procesów technologicznych, przepływu materiałów i informacji, a także charakterystyki zamówień i rotacyjności sprzedaży. Na tej podstawie opracowano dedykowane modele sterowania przepływem produkcji, dostosowane do specyfiki wyrobów i struktury organizacyjnej przedsiębiorstw.

W Fabryce Armatur „Swarzędz” wdrożenie nowego systemu organizacyjnego produkcji pozwoliło na znaczące usprawnienie procesów wytwórczych. Osiągnięto m.in. skrócenie czasu realizacji zleceń, redukcję zapasów produkcji w toku, poprawę przepływu informacji między działami oraz eliminację ręcznego planowania. Wprowadzenie synchronizacji przepływu materiałów między etapami produkcji oraz dostęp do aktualnych danych operacyjnych przełożyły się na wzrost efektywności i stabilności procesów produkcyjnych.

W firmie DOMEX wdrożenie dotyczyło systemu sterowania produkcją wieloasortymentową. Efekty były równie wymierne: skrócono czas realizacji zleceń produkcyjnych (nawet o 33% w wybranych rodzinach wyrobów), zmniejszono zapasy międzyoperacyjne, poprawiono zarządzanie materiałami i jakością. Szczególnie istotne było zastosowanie algorytmów grupujących zlecenia według podobieństwa cech wyrobów, co pozwoliło na ograniczenie przebrożeń maszyn i lepsze wykorzystanie zasobów.

W projekcie pt. **„Reguły wyboru metod sterowania przepływem produkcji z uwzględnieniem popytu oraz struktury wyrobów i procesów technologicznych”** dr inż. Krzysztof Żywicki pełnił kluczową rolę zarówno koncepcyjną, jak i wykonawczą. Był **kierownikiem projektu** oraz **głównym pomysłodawcą** zarówno samego przedsięwzięcia, jak i planu badań.

W ramach realizacji projektu habilitant odpowiadał za:

- opracowanie koncepcji badawczej i metodologii działań,
- przeprowadzenie analizy stanu obecnego systemów produkcyjnych w zakresie zapotrzebowania na wyroby i materiały oraz procesów technologicznych,
- wykonanie map strumieni wartości (Value Stream Mapping) dla stanu obecnego i ich szczegółową analizę,
- zaprojektowanie i opracowanie nowych metod sterowania przepływem produkcji, dostosowanych do specyfiki wyodrębnionych rodzin wyrobów,
- wdrożenie zaproponowanych rozwiązań w warunkach przemysłowych oraz przeprowadzenie badań weryfikacyjnych i oceny efektów wdrożenia.

Jego wkład obejmował również opracowanie dokumentacji wdrożeniowej, narzędzi analitycznych oraz modeli decyzyjnych, które zostały zastosowane w praktyce w dwóch przedsiębiorstwach: Fabryka Armatur „Swarzędz” sp. z o.o. oraz DOMEX sp. z o.o.

W ramach oceny osiągnięcia naukowego pt. **„Metody i narzędzia analizy determinantów efektywnego sterowania przepływem produkcji”**, należy podkreślić, że cykl zgłoszonych dziesięciu artykułów naukowych stanowi spójny i tematycznie powiązany zestaw badań, koncentrujących się na kluczowych aspektach organizacji i optymalizacji przepływu produkcji w nowoczesnych systemach wytwórczych. Prace te obejmują szerokie spektrum zagadnień, takich jak: wpływ specjalizacji stanowisk produkcyjnych na efektywność procesów, kalkulacja normatywów czasów operacji technologicznych, integracja technicznego przygotowania produkcji z jej sterowaniem, zapewnienie dostępności materiałów oraz analiza strat

materiałowych w procesach technologicznych. Każdy z tych obszarów został potraktowany jako istotny determinant skutecznego sterowania przepływem produkcji, a ich analiza została przeprowadzona z wykorzystaniem nowoczesnych metod badawczych, w tym symulacji komputerowych, analizy danych produkcyjnych oraz modelowania procesów.

Przedstawione do oceny artykuły prezentują wysoki stopień zaawansowania merytorycznego i metodologicznego. Autor konsekwentnie rozwija własną linię badawczą, opartą na integracji podejścia systemowego z praktyką przemysłową. W publikacjach widoczna jest umiejętność łączenia teorii z aplikacjami inżynierskimi, co przekłada się na ich wartość wdrożeniową i użyteczność dla praktyki gospodarczej. Prace te nie tylko identyfikują problemy, ale również proponują konkretne rozwiązania, które zostały przetestowane w rzeczywistych warunkach produkcyjnych.

Artykuł pt. „*A simulation-based approach to study the influence of different production flows on manufacturing of customized products*” stanowi wartościowy wkład w rozwój badań nad organizacją przepływu produkcji w warunkach personalizacji produkcji. Jego szczególną wartością jest zastosowanie środowiska symulacyjnego do porównania różnych struktur przepływu materiałów (liniowej, gniazdowej i stanowiskowej) w kontekście produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Autor wykazał, że dobór odpowiedniej formy organizacji przepływu ma istotny wpływ na efektywność realizacji zleceń, co czyni tę publikację zarówno oryginalną, jak i praktycznie użyteczną.

Artykuł pt. „*Constraint Programming for Flexible Flow Shop Scheduling Problem with Repeated Jobs and Repeated Operations*” prezentuje nowatorskie podejście do harmonogramowania produkcji w złożonych systemach przepływowych, wykorzystując programowanie z ograniczeniami (Constraint Programming). Autorzy skutecznie zaimplementowali model w środowisku IBM ILOG CPLEX CPO, wykazując wyraźną przewagę rozwiązań uzyskanych za pomocą programowania z ograniczeniami nad rozwiązaniami uzyskanymi metodami heurystycznymi. Praca wyróżnia się precyzyjnym modelem problemu produkcyjnego występującego w systemie typu Flexible Flow Shop (FFS).

Artykuł pt. „*A comparison of production time calculation methods for customized products manufacturing*” wnosi istotny wkład w rozwój metod szacowania czasów operacji technologicznych w warunkach produkcji kastomizowanej. Autor porównuje trzy podejścia – eksperckie, statystyczne i analityczne – wykazując, że metody oparte na danych są znacznie bardziej trafne i stabilne niż subiektywne szacunki operatorów. Praca ma wysoką wartość

aplikacyjną, jednak brak jest rozszerzonej analizy czynników wpływających na jakość danych wejściowych.

Artykuł pt. „*Methodology of Estimating Manufacturing Task Completion Time for Make-to-Order Production*” prezentuje solidne i metodycznie poprawne badania porównawcze trzech podejść do szacowania czasu realizacji operacji technologicznych: eksperckiego, statystycznego i analitycznego. Z naukowego punktu widzenia praca wyróżnia się rzetelnością eksperymentu, przeprowadzonego w warunkach symulowanego procesu produkcyjnego, oraz prawidłową interpretacją wyników. Dużą wartość naukową stanowi wykazanie, że metoda statystyczna – oparta na danych z wcześniej zrealizowanych operacji – zapewnia najwyższą dokładność i powtarzalność prognoz. Artykuł wnosi istotny wkład w rozwój narzędzi predykcyjnych dla produkcji jednostkowej i małoseryjnej, a jego wyniki mają wartość aplikacyjną.

Artykuł pt. „*Smart product design and production control for effective mass customization in the Industry 4.0 concept*” stanowi istotny wkład koncepcyjny w rozwój idei Przemysłu 4.0, ze szczególnym uwzględnieniem integracji projektowania produktów z elastycznym sterowaniem produkcją. Autorzy trafnie identyfikują wyzwania związane z kustomizacją masową i proponują model, który łączy inteligentne projektowanie z cyfrowym planowaniem i realizacją produkcji. Praca ma charakter przeglądowo-teoretyczny, ale stanowi solidną podstawę dla dalszych badań aplikacyjnych i wdrożeniowych.

Artykuł „*Fulfilling Individual Requirements of Customers in Smart Factory Model*” prezentuje autorski model integracji konfiguratora wyrobów z systemem sterowania produkcją. W sposób przekonujący pokazano, jak zastosowanie dedykowanego oprogramowania i systemu „4Factory” umożliwia elastyczne dostosowanie produkcji do indywidualnych potrzeb klientów przy zachowaniu efektywności operacyjnej. Praca wyróżnia się wysokim poziomem innowacyjności oraz praktycznym potencjałem wdrożeniowym. Uwagę może budzić ograniczony zakres walidacji modelu w warunkach rzeczywistej produkcji, co utrudnia ocenę jego uniwersalności i skalowalności.

Artykuł „*Process of Materials Picking Using Augmented Reality*” autorstwa Krzysztofa Żywickiego i Pawła Bunia opublikowany w czasopiśmie *IEEE Access* prezentuje nowatorskie podejście do wspomagania procesów kompletacji materiałów z wykorzystaniem technologii rzeczywistości rozszerzonej. Opracowano system wspomagający komplementację materiałów, który integruje wizualne wskazania z fizycznym środowiskiem pracy operatora. Autorzy przeprowadzili eksperymenty porównawcze, które wykazały istotną poprawę efektywności i

redukcję błędów w procesie kompletacji dzięki zastosowaniu opracowanego systemu AR. Publikacja wyróżnia się praktycznym potencjałem wdrożeniowym w kontekście cyfryzacji procesów intralogistycznych. Pewnym ograniczeniem pracy jest jednak relatywnie wąski zakres testów, co może wpływać na ograniczoną możliwość generalizacji wyników.

Artykuł „A Two-Step Matheuristics for Order-Picking Process Problems with One-Directional Material Flow and Buffers” autorstwa Kateryny Czerniachowskiej, Radosława Wichniarka i Krzysztofa Żywickiego wnosi istotny wkład w rozwój metod optymalizacji procesów logistycznych w centrach dystrybucyjnych. Autorzy zaproponowali dwustopniowe podejście matheurystyczne, które skutecznie rozwiązuje złożony problem kompletacji zamówień z uwzględnieniem przepływu jednokierunkowego i buforów, osiągając dobre wyniki w testach symulacyjnych. Nowością pracy jest dwustopniowe podejście obejmujące heurystyki (np. algorytmy konstrukcyjne) i dokładne metody optymalizacji matematycznej (np. programowanie całkowitoliczbowe). W pracy zaproponowano dwuetapowy algorytm (grupowanie zleceń i przepisanie ich do tras oraz optymalizację tras z uwzględnieniem buforów i jednokierunkowego przepływu).

Artykuł „Application of a Simulation Model to the Prognosis of Material Loss in Wood Processing” autorstwa Krzysztofa Żywickiego, Tomasza Bartkowiaka i Agnieszki Kujawińskiej prezentuje interesujące podejście do prognozowania strat materiałowych w przemyśle drzewnym z wykorzystaniem modelowania symulacyjnego. Autorzy opracowali model oparty na rzeczywistych danych geometrycznych surowca, który pozwala na ocenę wpływu wielkości próby na jakość prognoz strat materiałowych. Nowością pracy jest wskazanie optymalnego zakresu liczby pomiarów (40–60), który zapewnia wiarygodność modelu przy jednoczesnym ograniczeniu wpływu wartości odstających.

Artykuł „A Method to Improve Planning of Product Placement on a Printing Sheet” autorstwa Kateryny Czerniachowskiej, Krzysztofa Żywickiego i Radosława Wichniarka podejmuje istotny problem optymalizacji rozmieszczenia produktów na arkuszu drukarskim, co ma bezpośredni wpływ na efektywność wykorzystania materiału i redukcję strat. Autorzy zaproponowali metodę wspomagającą planowanie rozmieszczenia, opartą na analizie danych geometrycznych i algorytmach heurystycznych. Nowością pracy jest praktyczne podejście do problemu nestingowego w kontekście produkcji jednostkowej i krótkoseryjnej, co czyni ją szczególnie użyteczną dla branż o wysokim stopniu personalizacji wyrobów. Pewnym ograniczeniem jest jednak brak porównania z innymi zaawansowanymi metodami optymalizacji, co utrudnia pełną ocenę skuteczności zaproponowanego rozwiązania.

W analizowanych dziesięciu publikacjach dr inż. Krzysztof Żywicki wykazał się znaczącym wkładem naukowym, obejmującym zarówno opracowanie koncepcji badawczych, jak i realizację kluczowych etapów prac eksperymentalnych oraz analitycznych. W artykule dotyczącym modelu Smart Factory (Springer, 2018) habilitant był autorem koncepcji integracji konfiguratora wyrobów z systemem produkcyjnym. W pracy opublikowanej w *IEEE Access* (2021) zaprojektował i przetestował system wspomagania kompletacji materiałów z wykorzystaniem rzeczywistości rozszerzonej, wykazując jego wpływ na efektywność procesów intralogistycznych. W publikacji w *Applied Sciences* (2023) opracował modele przepływu materiałów i dane wejściowe do algorytmu matheurystycznego, a także przeprowadził analizę wyników. W artykule dotyczącym harmonogramowania produkcji z wykorzystaniem programowania ograniczeń odpowiadał za koncepcję badawczą i przygotowanie danych produkcyjnych. W pracy poświęconej estymacji czasów realizacji operacji technologicznych był autorem metodyki oraz modelu kalkulacyjnego. W artykule dotyczącym optymalizacji rozmieszczenia produktów na arkuszu drukarskim przygotował dane wejściowe i współtworzył metodykę badawczą. W publikacji „Application of a Simulation Model to the Prognosis of Material Loss in Wood Processing” habilitant opracował model symulacyjny strat materiałowych w przemyśle drzewnym, przeprowadził analizę danych i interpretację wyników. Podsumowując, wkład własny habilitanta we wszystkich analizowanych publikacjach należy ocenić jako kluczowy. Obejmuje on zarówno inicjowanie tematów badawczych, opracowanie modeli i metod, jak i ich praktyczne zastosowanie oraz wdrożenie, co świadczy o wysokim poziomie kompetencji naukowych i aplikacyjnych.

4. Ocena aktywności naukowej habilitanta

Dr inż. Krzysztof Żywicki wykazuje wysoką aktywność naukową, ukierunkowaną na rozwój nowoczesnych metod sterowania przepływem produkcji w ramach dyscypliny inżynieria mechaniczna. Jego działalność obejmuje zarówno publikacje naukowe w renomowanych czasopiśmie, jak i realizację projektów badawczo-wdrożeniowych finansowanych ze środków zewnętrznych. Habilitant aktywnie uczestniczy w pracach zespołów badawczych, pełniąc rolę kierownika projektów oraz autora koncepcji i metodyki badań. W 2024 roku odbył trzymiesięczny staż naukowy w Uniwersytecie Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy w Katedrze Metod i Narzędzi Przetwarzania Danych, gdzie prowadził badania nad prognozowaniem realizacji procesów produkcyjnych oraz reharmonogramowaniem produkcji.

Staż ten miał charakter interdyscyplinarny i był ściśle powiązany z tematyką cyfrowej inżynierii produkcji. Habilitant rozwija również współpracę naukową z Katedrą Zarządzania Procesami Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, koncentrując się na zagadnieniach optymalizacji harmonogramowania produkcji z wykorzystaniem programowania matematycznego z ograniczeniami. Efektem tej współpracy są wspólne publikacje naukowe oraz rozwój narzędzi analitycznych wspomagających decyzje produkcyjne. Aktywność naukowa habilitanta jest spójna z jego dorobkiem publikacyjnym i wdrożeniowym, a także z aktualnymi kierunkami rozwoju dyscypliny inżynieria mechaniczna. Świadczy o jego dojrzałości naukowej, umiejętności prowadzenia samodzielnych badań oraz zdolności do współpracy interdyscyplinarnej.

5. Ocena osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych

Dr inż. Krzysztof Żywicki wykazuje wysoką aktywność dydaktyczną i organizacyjną, ściśle powiązaną z jego działalnością naukową i specjalizacją w zakresie cyfrowej inżynierii produkcji. Jako pomysłodawca i pierwszy kierownik studiów podyplomowych „Organizacja i zarządzanie produkcją” oraz współtwórca programu studiów dla kierunku „Zarządzanie i inżynieria produkcji” (I i II stopnia), wniósł istotny wkład w rozwój oferty dydaktycznej Politechniki Poznańskiej. Pełni funkcję opiekuna specjalności „Sterowanie produkcją” oraz prowadzi zajęcia dydaktyczne na studiach podyplomowych z zakresu planowania, organizacji i stabilizacji procesów produkcyjnych. W zakresie infrastruktury dydaktycznej habilitant był inicjatorem i współtwórcą laboratorium naukowo-dydaktycznego SmartFactory, które stanowi nowoczesną przestrzeń kształcenia w obszarze Przemysłu 4.0. Jego zaangażowanie zostało docenione m.in. Nagrodą Rektora Politechniki Poznańskiej za osiągnięcia dydaktyczne (2017, 2021). W działalności organizacyjnej dr inż. Żywicki pełnił funkcje zastępcy dyrektora Instytutu Technologii Materiałów ds. nauki (2020–2024) oraz ds. dydaktyki (od 2024), był członkiem komisji ds. jakości kształcenia, komisji oceniającej wnioski o finansowanie badań oraz komisji ds. nagród. Koordynuje współpracę z firmą Siemens w zakresie wdrażania rozwiązań przemysłu 4.0 do edukacji technicznej. Jest również pomysłodawcą inicjatywy „Fabryka Lean” – platformy wymiany wiedzy między przemysłem a środowiskiem akademickim, w ramach której organizowane są konferencje i programy wizyt studyjnych. Zakres i jakość działań dydaktycznych oraz organizacyjnych habilitanta świadczą o jego zaangażowaniu w rozwój nowoczesnego kształcenia inżynierskiego oraz o umiejętności

skutecznego łączenia działalności naukowej z dydaktyką i współpracą z otoczeniem społeczno-gospodarczym.

6. Ocena wkładu habilitanta w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna

Dr inż. Krzysztof Żywicki wniósł istotny i oryginalny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria mechaniczna, koncentrując się na zagadnieniach związanych z cyfrowym sterowaniem przepływem produkcji, harmonogramowaniem, analizą danych oraz zastosowaniem koncepcji cyfrowego bliźniaka. Jego dorobek obejmuje zarówno cykl publikacji naukowych w renomowanych czasopismach, jak i kompleksowe projekty badawczo-wdrożeniowe realizowane w przedsiębiorstwach przemysłowych.

Habilitant opracował autorski model sterowania przepływem produkcji, który został zaimplementowany w systemie informatycznym Digitio Factory i wdrożony w warunkach przemysłowych. W cyklu publikacji naukowych wykazał się samodzielnością w zakresie koncepcji, metodyki badań, opracowania modeli decyzyjnych oraz analizy wyników. Jego prace łączą podejście teoretyczne z praktycznym zastosowaniem, co znajduje potwierdzenie w wymiernych efektach wdrożeniowych (m.in. skrócenie czasów realizacji zleceń, redukcja zapasów międzyoperacyjnych, poprawa jakości i stabilności procesów).

Wkład habilitanta należy ocenić jako spójny, interdyscyplinarny i zgodny z aktualnymi kierunkami rozwoju inżynierii mechanicznej, w szczególności w obszarze cyfryzacji i automatyzacji systemów produkcyjnych. Jego osiągnięcia mają charakter zarówno poznawczy, jak i aplikacyjny, co potwierdza jego dojrzałość naukową i kompetencje w zakresie prowadzenia samodzielnych badań.

Podsumowanie liczbowe dorobku habilitanta:

- Liczba publikacji w cyklu osiągnięcia naukowego: 10 artykułów
- Liczba artykułów w czasopismach z listy JCR: 6
- Sumaryczny Impact Factor (IF): 27,67
- Liczba punktów MNiSW za publikacje: 1776
- Liczba cytowań (Scopus): 564 (bez autocytowań: 513)
- Indeks Hirscha (h-index, Scopus): 11
- Liczba wdrożeń przemysłowych: 3 (HIT Kody Kreskowe, Bluebird Design, DOMEX)
- Liczba projektów badawczo-wdrożeniowych: 4 (m.in. Digital Twins, FAS Control)
- Liczba staży naukowych: 3 (Bydgoszcz, Żilina, Rijeka)
- Liczba konferencji z referatami: co najmniej 6 (m.in. WorldCIST, DAAAM, Zakopane)
- Liczba funkcji organizacyjnych: 2 (zastępca dyrektora ds. nauki i dydaktyki)
- Liczba nagród dydaktycznych: 2 (Nagroda Rektora PP – 2017, 2021)

7. Wniosek końcowy

Stwierdzam, że przedstawione osiągnięcie naukowe w postaci cyklu powiązanych tematycznie publikacji oraz zrealizowanych projektów badawczo-wdrożeniowych pt. „Badanie i rozwój modeli oraz metod sterowania przepływem produkcji zorientowanych na poprawę efektywności systemów produkcyjnych” autorstwa dra inż. Krzysztofa Żywickiego stanowi oryginalny i znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna, zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023 poz. 742).

Osiągnięcie to spełnia kryteria oceny w zakresie samodzielności i dojrzałości naukowej, a także wykazuje wysoki poziom aktywności badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej habilitanta. W związku z powyższym pozytywnie opiniuję wniosek dra inż. Krzysztofa Żywickiego o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna i wnoszę o dopuszczenie Kandydata do dalszych czynności w postępowaniu habilitacyjnym.

Dr hab. inż. Andrzej Jardzioch, prof. ZUT

Szczecin 22.07.2025

