

Zakład Zarządzania Ryzykiem i Jakością

Instytut Inżynierii Bezpieczeństwa i Jakości

Wydział Inżynierii Zarządzania

Politechnika Poznańska

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Grzegorza Derłęgi

pt. „Methodology of assessing and reducing the risk of development of tooling in automotive industry”

Promotor rozprawy doktorskiej: Prof. dr hab. inż. Anna Burduk

Promotor pomocniczy: dr inż. Joanna Helman

I Uwagi wstępne

Podstawą przygotowania niniejszej recenzji jest pismo (W10/RDND07/73/2026) Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego z dnia 28 kwietnia 2026 roku informujące o wyznaczeniu mnie na recenzenta rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Grzegorza Derłęgi.

Podstawę prawną stanowi art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce, które wskazuje następujące warunki:

1. „Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.

2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.

3. Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej.

4. Do rozprawy doktorskiej dołącza się streszczenie w języku angielskim, a do rozprawy doktorskiej przygotowanej w języku obcym również streszczenie w języku polskim. W przypadku gdy rozprawa doktorska nie jest pracą pisemną, dołącza się opis w językach polskim i angielskim.”

Przedmiotem recenzji jest praca zwarta zatytułowana „Methodology of assessing and reducing the risk of development of tooling in automotive industry”, o łącznej objętości 175, w tym: strona tytułowa, spis treści, wykaz skrótów, wstęp, treść właściwa w podziale na sześć rozdziałów, wykaz rysunków, tabel, literatura. Objętość pracy jest typowa a rozkład treści charakterystyczny dla prac teoretyczno-empirycznych.

W rozprawie wykorzystano 246 pozycji, z czego znaczna część to artykuły naukowe publikowane w języku angielskim. Warto zauważyć, że znaczna część bibliografii to pozycje opublikowane w roku 2020 i później. Bibliografia nie zawiera publikacji Doktoranta z tematyki objętej zakresem pracy doktorskiej.

Praca została przygotowana poprawnie od strony redakcyjnej i edytorskiej.

Zgodnie z wymaganiami ustawowymi, ocenę pracy doktorskiej Pana mgr inż. Grzegorz Derłęgi przeprowadzono kierując się następującymi kryteriami: znaczenie podjętej przez Doktoranta problematyki, poprawność sformułowania problemu badawczego, celu i hipotezy pracy, struktura rozprawy i ocena merytoryczna. Na końcu recenzji zamieszczono pytania do Autora oraz wnioski końcowe.

II Znaczenie podjętej problematyki

Tematyka rozprawy doktorskiej dotyczy aktualnego i istotnego problemu naukowego z obszaru inżynierii mechanicznej, obejmującego metodykę oceny i ograniczania ryzyka w procesie rozwoju oprzyrządowania produkcyjnego dla przemysłu motoryzacyjnego. Oprzyrządowanie produkcyjne stanowi jeden z kluczowych elementów procesu industrializacji nowych wyrobów, determinując możliwość osiągnięcia wymaganej jakości, powtarzalności procesów technologicznych, wydajności produkcji oraz kosztów wytwarzania. Współczesne systemy produkcyjne, charakteryzujące się wysokim stopniem automatyzacji, krótkimi cyklami wdrożeniowymi oraz rosnącą złożonością konstrukcji wyrobów, wymagają stosowania zaawansowanych metod identyfikacji i ograniczania ryzyka już na etapie projektowania i rozwoju oprzyrządowania.

Autor trafnie wskazuje, że pomimo szerokiego wykorzystania metod zarządzania ryzykiem, takich jak FMEA, nadal brakuje kompleksowych rozwiązań uwzględniających specyfikę procesu rozwoju oprzyrządowania produkcyjnego oraz jego ścisłe powiązanie z procesem rozwoju produktu. Zaproponowana problematyka badawcza odpowiada zatem na rzeczywistą lukę zarówno w literaturze przedmiotu, jak i w praktyce przedsiębiorstw sektora motoryzacyjnego, gdzie błędne decyzje podejmowane na etapie projektowania oprzyrządowania mogą skutkować znacznymi stratami. W mojej ocenie wybór problematyki badawczej należy uznać za w pełni uzasadniony. Rozprawa podejmuje zagadnienie o wysokim znaczeniu naukowym i aplikacyjnym, wpisujące się w aktualne kierunki rozwoju inżynierii mechanicznej związane z projektowaniem procesów wytwarzania, rozwojem nowoczesnych systemów produkcyjnych oraz doskonaleniem metod wspomagających podejmowanie decyzji w procesach industrializacji nowych wyrobów.

III Problem badawczy, cel i hipotezy pracy

Problem badawczy, cel rozprawy oraz pytania badawcze i hipotezy zostały przedstawione w Rozdziale 3 (s. 75–80), zatytułowanym *Research problem, aim of the dissertation, research questions, contribution and justification of the dissertation*. Konstrukcja rozdziału jest logiczna i przejrzysta – Autor konsekwentnie przechodzi od identyfikacji luki badawczej do przedstawienia autorskiej koncepcji rozwiązania oraz wskazania spodziewanych rezultatów badań. Na pozytywną ocenę zasługuje wyraźne rozróżnienie pomiędzy wkładem naukowym a aplikacyjnym opracowanej metodyki.

Autor sformułował problem badawczy w sposób jednoznaczny, wskazując na istniejącą w literaturze oraz praktyce przemysłowej lukę dotyczącą braku dedykowanej, etapowej i porównywalnej metodyki oceny ryzyka procesu rozwoju oprzyrządowania produkcyjnego, zintegrowanej z procesem rozwoju produktu oraz umożliwiającej powiązanie ryzyka z kluczowymi ograniczeniami procesu. Uzasadnił niedostatki obecnie stosowanych metod, zwłaszcza FMEA, oraz ogólnych wytycznych norm ISO 31000 i ISO 31010, które według Autora nie zapewniają narzędzi dostosowanych do specyfiki rozwoju oprzyrządowania. Tak sformułowany problem badawczy jest aktualny, dobrze osadzony w analizie literatury oraz odpowiada potrzebom praktyki przemysłowej.

Cel główny rozprawy został określony jako opracowanie i walidacja autorskiej, etapowej metodyki oceny ryzyka rozwoju oprzyrządowania produkcyjnego w przemyśle motoryzacyjnym, wykorzystującej autorską strukturę kategorii ryzyka, ograniczeń ryzyka oraz logikę rozmytą do wspomagania decyzji na kolejnych etapach procesu rozwoju. Cel jest spójny z problemem badawczym, ambitny i posiada zarówno wymiar poznawczy, jak i aplikacyjny.

Na pozytywną ocenę zasługuje logiczne wyprowadzenie pytań badawczych oraz hipotez z wcześniej zidentyfikowanych luk badawczych. Konstrukcja pytań odpowiada kolejnym etapom budowy

metodyki, natomiast hipotezy odnoszą się do możliwości opracowania nowego podejścia do oceny ryzyka oraz jego przewagi funkcjonalnej nad rozwiązaniami stosowanymi obecnie. W efekcie tworzą one spójny model prowadzenia badań.

Pytania badawcze są logicznie powiązane z proponowaną metodologią i obejmują trzy zasadnicze zagadnienia: 1) porównywalność ocen, 2) interpretowalność wyników, 3) zgodność z praktyką przemysłową. Jednak ich konstrukcja budzi zastrzeżenia.

Autor przedstawił pięć głównych elementów wkładu naukowego: 1) nowe definicje, 2) model procesu, 3) system metryk, 4) hybrydową metodologię, 5) narzędzia interpretacji ryzyka. Jest to dobrze uporządkowana prezentacja. Ponadto, deklaruje walidację metodyki na przykładzie jednego projektu przemysłowego oraz prostego demonstratora.

Kończącą część rozdziału stanowi schemat (Rys. 10) prezentujący strukturę rozprawy i mapowanie zadań badawczych. Diagram w przejrzysty sposób ilustruje kolejne etapy realizacji badań oraz ich wzajemne powiązania.

Uwagi:

- 1) Opis celu jest nadmiernie rozbudowany. Autor bardzo szczegółowo opisuje elementy proponowanej metodyki, takie jak struktura kategorii ryzyka, ograniczeń ryzyka, pytań oceniających czy mechanizmu logiki rozmytej. W rezultacie granica pomiędzy celem rozprawy a opisem proponowanego rozwiązania staje się nieostra.
- 2) Hipotezy mają charakter deklaracyjny, np. "Unified linguistic scale provides stable values" czy "RC and RL contribution matrices reveal systematic dominance patterns". W praktyce są to raczej oczekiwane właściwości autorskiej metody niż hipotezy naukowe podlegające falsyfikacji.
- 3) Nie wszystkie wymienione elementy wkładu naukowego mają charakter rzeczywistej nowości naukowej, np. opracowanie definicji, klasyfikacja, model procesu stanowią raczej uporządkowanie istniejącej wiedzy niż odkrycie nowej zależności naukowej. Znacznie większą wartość naukową posiada sama koncepcja integracji: logiki rozmytej, Risk Categories, Risk Limitations, etapowej oceny ryzyka. Moim zdaniem ten element należałoby mocniej wyeksponować jako zasadniczy wkład rozprawy.
- 4) Zastosowany sposób walidacji pozwala potwierdzić możliwość praktycznego zastosowania opracowanego rozwiązania, jednak nie daje wystarczających podstaw do formułowania bardziej ogólnych wniosków dotyczących jego uniwersalności i powtarzalności
- 5) Rysunek 10 (schemat) koncentruje się przede wszystkim na organizacji procesu badawczego, natomiast nie pokazuje zależności pomiędzy problemem badawczym, pytaniami, hipotezami, metodami badawczymi oraz sposobem ich weryfikacji. Pokazanie tych relacji zwiększyłoby przejrzystość koncepcji rozprawy.

IV Struktura rozprawy i ocena merytoryczna

Rozprawa doktorska liczy 175 stron i została podzielona na sześć zasadniczych rozdziałów merytorycznych, poprzedzonych wykazem skrótów, słownikiem pojęć, streszczeniami w języku angielskim i polskim oraz wprowadzeniem. Całość uzupełniają wykazy rysunków i tabel oraz obszerna bibliografia. Taki układ odpowiada standardom stawianym rozprawom doktorskim i zapewnia przejrzystą prezentację kolejnych etapów realizacji badań. Struktura pracy jest logiczna i konsekwentna.

W pierwszym rozdziale Autor przedstawił zagadnienia związane z rozwojem produktu i oprzyrządowania. Celem było osadzenie problematyki rozwoju oprzyrządowania produkcyjnego w szerszym kontekście rozwoju nowego produktu, a następnie wykazanie potrzeby opracowania dedykowanego podejścia do oceny i ograniczania ryzyka w procesie rozwoju oprzyrządowania. Przyjęta logika prowadzenia wywodu jest zasadniczo poprawna: Autor wychodzi od ogólnych modeli rozwoju produktu, przechodzi do specyfiki przemysłu motoryzacyjnego i APQP, następnie zawęża analizę do oprzyrządowania produkcyjnego, proponuje własny model procesu jego rozwoju, a w końcowej części podejmuje problem jego pomiaru i oceny. Taka struktura tworzy czytelne przejście od problematyki ogólnej do bezpośredniego przedmiotu badań.

Rozdział drugi to wprowadzenie do problematyki ryzyka w procesach rozwoju produktów i oprzyrządowania produkcyjnego. Autor przedstawia podstawowe pojęcia związane z ryzykiem oraz porządkuje jego najważniejsze klasyfikacje. Pozytywnie należy ocenić osadzenie rozważań w uznanych standardach zarządzania ryzykiem, w szczególności ISO 31000 i ISO 31010. W rozdziale tym autor przeprowadził kompleksowy przegląd metod analizy ryzyka wraz z próbą oceny ich przydatności w procesie rozwoju oprzyrządowania produkcyjnego. Autor dobrze identyfikuje ograniczenia klasycznej metody FMEA i tworzy logiczne uzasadnienie dla poszukiwania rozwiązania lepiej dostosowanego do specyfiki analizowanego procesu. Rozdział stanowi dobrą podstawę teoretyczno-metodyczną dla dalszych badań, w sposób logiczny uzasadniając potrzebę opracowania autorskiego podejścia do oceny ryzyka w procesie rozwoju oprzyrządowania produkcyjnego.

W rozdziale trzecim sformułowano problem badawczy, cel pracy, pytania badawcze oraz hipotezy, uzasadniając potrzebę opracowania nowej metodyki (patrz punkt III recenzji)

Rozdział czwarty stanowi zasadniczą część rozprawy i zawiera autorską metodykę oceny i redukcji ryzyka rozwoju oprzyrządowania. Zaproponowana metodyka jest logiczna, dobrze uporządkowana i posiada potencjał aplikacyjny. Szczególnie cenne są: rozdzielenie ryzyka wejściowego i etapowego, integracja podejścia Stage-Gate z oceną ryzyka oraz wykorzystanie logiki rozmytej do ilościowej oceny ryzyka. Pozytywnie należy ocenić liczne schematy blokowe oraz tabele stanowiące gotowe formularze do implementacji metodyki w praktyce przedsiębiorstwa. Dzięki temu opracowanie ma nie tylko wartość naukową, ale również praktyczną, co zwiększa jego potencjalną użyteczność.

W rozdziale piątym przedstawiono proces walidacji opracowanego rozwiązania w przedsiębiorstwie Autoneum Poland Sp. z o.o.. Rozdział został logicznie uporządkowany i konsekwentnie odzwierciedla strukturę zaproponowanej wcześniej metodyki, od przygotowania procesu, poprzez identyfikację czynników ryzyka, aż do oceny ryzyka z wykorzystaniem logiki rozmytej. Zaletą jest bardzo dobre osadzenie badań w realiach przemysłu motoryzacyjnego. Autor szczegółowo przedstawia charakterystykę przedsiębiorstwa, organizację procesu rozwoju oprzyrządowania oraz strukturę procesu zgodną z wymaganiami APQP. Wartościowe jest pokazanie rzeczywistych ograniczeń projektowych, takich jak presja czasu, zmienność wymagań klientów, współpraca z wieloma dostawcami czy ograniczenia zasobów. Walidacja nie została więc przeprowadzona w warunkach laboratoryjnych, lecz w rzeczywistym środowisku przemysłowym. Na pozytywną ocenę zasługuje stopień usystematyzowania procesu walidacji. Autor konsekwentnie odwzorowuje wszystkie etapy metodologii przedstawionej w rozdziale czwartym. Istotnym atutem jest również bogata dokumentacja procesu walidacji. Tabele zawierające opis etapów procesu, macierze ryzyka, czynniki ryzyka oraz pytania oceniające pozwalają odtworzyć sposób postępowania i świadczą o staranności autora. Z perspektywy praktyki przemysłowej przedstawiona metodyka może stanowić gotowe narzędzie wspierające zarządzanie projektami rozwoju oprzyrządowania.

Rozdział 6 w sposób syntetyczny podsumowuje główne rezultaty przeprowadzonych badań oraz przedstawia najważniejsze elementy opracowanej metodologii. Pozytywnie należy ocenić wyraźne rozróżnienie osiągnięć naukowo-metodycznych i praktycznych rozprawy. Autor wskazuje potencjał aplikacyjny zaproponowanego rozwiązania w procesach rozwoju oprzyrządowania produkcyjnego. Wartościowym elementem jest również przedstawienie perspektyw dalszego rozwoju metodologii, obejmujących m.in. automatyzację, adaptacyjne progi decyzyjne oraz wykorzystanie metod analitycznych. Rozdział stanowi logiczne zamknięcie rozprawy i wskazuje potencjalne kierunki kontynuacji podjętych badań.

Pod względem merytorycznym rozprawa prezentuje dobry poziom. Autor wykazał się znajomością literatury z zakresu rozwoju produktu, zarządzania ryzykiem oraz procesów industrializacji w przemyśle motoryzacyjnym. Na szczególne uznanie zasługuje próba integracji zagadnień dotyczących projektowania oprzyrządowania z metodykami zarządzania ryzykiem oraz opracowanie własnego modelu postępowania, wykorzystującego logikę rozmytą, kategorie ryzyka oraz etapową ocenę procesu rozwoju oprzyrządowania. Przeprowadzona weryfikacja w warunkach przemysłowych potwierdza możliwość praktycznego zastosowania metodyki, choć jej zakres nie pozwala na pełne potwierdzenie uniwersalności i skuteczności proponowanego rozwiązania.

Na pozytywną ocenę zasługuje zachowanie spójności pomiędzy poszczególnymi częściami rozprawy. Przegląd literatury prowadzi do identyfikacji luk badawczych, które stanowią podstawę sformułowania

problemu badawczego oraz opracowania autorskiej metodyki, a następnie jej praktycznej weryfikacji. Świadczy to o konsekwentnym prowadzeniu wywodu naukowego.

Uwagi:

Rozdział 1

- 1) Pewien niedosyt budzi analiza bibliometryczna przedstawiona na rysunku 1. Autor ograniczył się do zaprezentowania liczby publikacji dotyczących oddzielnie zagadnień rozwoju produktu oraz zarządzania ryzykiem. W kontekście celu rozprawy znacznie bardziej uzasadnione byłoby przeanalizowanie publikacji obejmujących jednocześnie oba obszary tematyczne. Taka analiza pozwoliłaby wiarygodniej ocenić stopień rozwoju badań nad zarządzaniem ryzykiem w procesie rozwoju produktu oraz stanowiłaby mocniejszą podstawę do wykazania luki badawczej.
- 2) Tabela 3 nie spełnia wymagań rzetelnego porównania metod. Nie podano metody ustalania ocen „Low”, „Medium”, „High” i „Very High”, nie zdefiniowano mierzalnych kryteriów ani nie wskazano źródeł poszczególnych ocen. W obecnej postaci tabela przedstawia subiektywną opinię Autora, a nie wynik analizy naukowej. Na jej podstawie nie można uznać za udowodniony wniosek o przewadze Stage-Gate.
- 3) Analiza ograniczeń APQP jest częściowo uproszczona. Dyskusyjne jest twierdzenie, że analiza ryzyka dotycząca oprzyrządowania występuje dopiero w fazie 3. Ryzyko może być identyfikowane wcześniej w ramach planowania, przeglądów projektu, DFMEA oraz określania wymagań dotyczących wyposażenia i oprzyrządowania.
- 4) Procedura wyboru 8 kluczowych mierników jest metodologicznie niewystarczająca. Nie podano skali ocen, kryteriów selekcji, sposobu agregowania opinii ekspertów, poziomu zgodności ocen ani wartości progowej decydującej o uznaniu miernika za krytyczny. Nie wiadomo zatem, na jakiej podstawie 8 spośród 42 mierników uznano za najważniejsze.
- 5) Autor błędnie traktuje część zdarzeń procesowych jako mierniki. „Tooling Design Approval”, „Tooling First-Off-Tool Parts” czy „Tooling Commissioning at Tool Supplier” są punktami kontrolnymi lub kamieniami milowymi, a nie miernikami. Miernik powinien posiadać co najmniej jasno zdefiniowaną wielkość, sposób pomiaru, jednostkę lub skalę oraz regułę interpretacji.
- 6) Nie wykazano jednoznacznie związku pomiędzy wybranymi miernikami a ryzykiem. Autor stwierdza, że mierniki będą wykorzystywane do analizy ryzyka, ale nie wyjaśnia mechanizmu, w jaki sposób zmiana wartości konkretnego KPI odzwierciedla poziom lub prawdopodobieństwo ryzyka. Brakuje modelu przyczynowego łączącego miernik, źródło ryzyka i konsekwencję

Rozdział 2

- 1) W rozdziale drugim Autor koncentruje się głównie na klasycznych metodach zawartych w ISO 31010 oraz FMEA, natomiast w niewielkim stopniu odnosi się do najnowszych rozwiązań wykorzystujących sztuczną inteligencję, uczenie maszynowe, itd., które coraz częściej wspierają proces oceny ryzyka
- 2) Niedosyt budzi również sposób przeprowadzenia oceny metod zawartych w normie ISO 31010. Autor przedstawia wyniki oceny eksperckiej, jednak opis procedury badawczej jest niewystarczająco szczegółowy. Nie wyjaśniono jednoznacznie liczebności panelu ekspertów, kryteriów ich doboru, sposobu osiągania konsensusu ani metod oceny zgodności ekspertów. Ogranicza to możliwość oceny wiarygodności przedstawionych rankingów oraz ich powtarzalności.
- 3) Autor szeroko omawia ograniczenia metody FMEA, jednak argumentacja miejscami sprawia wrażenie podporządkowanej wykazaniu słabości tej metody. Brakuje zrównoważonej dyskusji wskazującej sytuacje, w których klasyczna FMEA pozostaje narzędziem w pełni wystarczającym i nadal efektywnym.

Rozdział 3

- 1) Patrz punkt III recenzji

Rozdział 4

- 1) Autor wskazuje, że ocena ryzyka wykonywana jest przez grupę ekspertów, jednak nie przedstawia sposobu weryfikacji jakości ich ocen. Nie opisano metod badania zgodności ekspertów, poziomu konsensusu ani sposobu eliminowania subiektywności ocen.
- 2) Autor nie przeprowadził analizy wrażliwości opracowanego modelu. W rozdziale 4 przedstawiono algorytm obliczeń wykorzystujący logikę rozmytą i funkcje przynależności, jednak nie pokazano, jak zmiana parametrów funkcji lub ocen ekspertów wpływa na końcowe wartości ryzyka.
- 3) Pewien niedosyt pozostawia uzasadnienie zastosowania operatora multiplikatywnego do agregacji ryzyka wejściowego oraz ryzyka etapowego. Autor nie wyjaśnia, dlaczego właśnie taki sposób agregacji jest bardziej odpowiedni niż inne możliwe rozwiązania, np. suma ważona, operator OWA czy inne mechanizmy stosowane w teorii logiki rozmytej.

Rozdział 5

- 1) Najistotniejsze zastrzeżenie dotyczy zakresu przeprowadzonej walidacji metodyki. Jej zastosowanie do jednego projektu w jednym przedsiębiorstwie potwierdza możliwość praktycznego wykorzystania proponowanego rozwiązania, nie stanowi jednak wystarczającej podstawy do potwierdzenia jego uniwersalności, powtarzalności i skuteczności. Przeprowadzone badanie należy zatem traktować przede wszystkim jako weryfikację możliwości zastosowania metodyki w warunkach przemysłowych.
- 2) Dobór projektu Proj_1 jako przypadku reprezentatywnego nie został wystarczająco uzasadniony. Autor wskazuje na kompletność dostępnych danych oraz typową strukturę procesu, jednak nie przedstawia jednoznacznych kryteriów reprezentatywności ani nie porównuje charakterystyki wybranego projektu z szerszą populacją projektów rozwoju oprzyrządowania realizowanych w przedsiębiorstwie.
- 3) W przeprowadzonym badaniu brakuje zewnętrznego kryterium umożliwiającego ocenę trafności wyników uzyskanych za pomocą opracowanej metodyki. Autor wyznacza poziomy ryzyka, jednak nie weryfikuje, czy zidentyfikowane wysokie poziomy ryzyka rzeczywiście odpowiadały późniejszym problemom projektowym, takim jak opóźnienia, przekroczenia kosztów, problemy jakościowe czy trudności podczas uruchomienia produkcji. Ogranicza to możliwość oceny trafności diagnostycznej i predykcyjnej proponowanego rozwiązania.
- 4) Nie przedstawiono również wyników pozwalających jednoznacznie potwierdzić skuteczność działań ograniczających ryzyko. Brakuje porównania poziomu ryzyka oraz mierzalnych rezultatów procesu przed i po zastosowaniu działań redukujących ryzyko. W konsekwencji wykazano przede wszystkim możliwość identyfikacji i oceny ryzyka, natomiast w mniejszym stopniu empirycznie potwierdzono zdolność metodyki do jego rzeczywistej redukcji.
- 5) Istotnym ograniczeniem jest silne uzależnienie wyników metodyki od ocen eksperckich. Panel obejmował pięciu ekspertów reprezentujących tę samą organizację i uczestniczących w analizowanym procesie, co może prowadzić do wystąpienia biasu organizacyjnego. Jednocześnie nie przedstawiono miary zgodności ocen ekspertów ani stopnia osiągniętego konsensusu. W przypadku metody w znacznym stopniu opartej na ocenach lingwistycznych kwestia powtarzalności i wiarygodności ocen powinna zostać poddana bardziej szczegółowej analizie.
- 6) Uzasadnienia wymagają przyjęte parametry modelu rozmytego, w szczególności kształt i wartości graniczne funkcji przynależności, zakresy fuzzy-RPN oraz progi klasyfikacji ryzyka. Podobny problem dotyczy progów stosowanych do oceny czasu, kosztu i jakości. Nie wykazano, że wartości te zostały skalibrowane na podstawie danych historycznych lub zweryfikowane empirycznie. Szczególnie kryterium jakości pozostaje bardziej subiektywne

- niż kryteria kosztu i czasu, co powoduje asymetrię pomiędzy poszczególnymi wymiarami oceny ryzyka.
- 7) W rozprawie nie przeprowadzono analizy wrażliwości modelu. Nie wiadomo zatem, w jakim stopniu zmiana parametrów funkcji przynależności, wartości progowych, ocen pojedynczych ekspertów lub sposobu agregacji wpływa na końcową klasyfikację ryzyka i decyzje podejmowane na kolejnych etapach procesu. Analiza taka byłaby szczególnie istotna ze względu na ekspercki charakter danych wejściowych oraz arbitralność części parametrów modelu.
 - 8) Mocniejszego uzasadnienia wymaga sposób agregacji ryzyka wejściowego i ryzyka etapowego za pomocą operatora multiplikatywnego. Przyjęta konstrukcja powoduje, że stosunkowo niska wartość ryzyka wejściowego może istotnie obniżyć końcową ocenę nawet w przypadku bardzo wysokiego ryzyka danego etapu. Autor powinien wykazać teoretyczne i praktyczne podstawy zastosowania zależności multiplikatywnej oraz rozważyć jej konsekwencje w porównaniu z alternatywnymi sposobami agregacji.
 - 9) Przyjęty podział czynników ryzyka na dwie kategorie – techniczne i organizacyjne – należy uznać za stosunkowo uproszczony. W analizowanym procesie występują również ryzyka związane m.in. z dostawcami, zasobami, logistyką, harmonogramem czy gotowością produkcyjną. Ponadto klasyfikacja niektórych czynników do kategorii TECH lub ORG nie jest jednoznaczna, a w pojedynczych przypadkach występują niespójności w ich przyporządkowaniu. Zasadne byłoby przedstawienie jednoznacznych kryteriów klasyfikacji lub rozważenie bardziej wielowymiarowej struktury kategorii ryzyka.
 - 10) Identyfikacja czynników ryzyka opiera się przede wszystkim na wiedzy i doświadczeniu ekspertów. Nie wykazano jednak kompletności utworzonego katalogu ani nie przeprowadzono jego systematycznej weryfikacji z wykorzystaniem danych historycznych dotyczących rzeczywistych problemów projektowych, opóźnień, przekroczeń kosztów, reklamacji czy problemów podczas uruchamiania produkcji. Dodatkowo część pytań oceniających odnosi się bardziej do stopnia realizacji działań lub statusu procesu niż bezpośrednio do prawdopodobieństwa i konsekwencji wystąpienia zdarzeń ryzykownych.
 - 11) Rozdział zawiera liczne powtórzenia elementów metodyki przedstawionych wcześniej w rozdziale 4, co zwiększa jego objętość, ale nie zawsze wnosi nową wartość poznawczą. W rozdziale poświęconym weryfikacji większy nacisk powinien zostać położony na prezentację i krytyczną analizę wyników, ocenę skuteczności proponowanego rozwiązania oraz omówienie ograniczeń przeprowadzonego badania. Zasadne byłoby również wyodrębnienie sekcji poświęconej ograniczeniom walidacji, obejmującym w szczególności analizę jednego przedsiębiorstwa i jednego projektu, niewielką liczbę ekspertów, ekspercki charakter danych wejściowych oraz brak analizy wrażliwości modelu.

Rozdział 6

- 1) Najważniejszym problemem jest brak bezpośredniego odniesienia do celu, problemu badawczego i hipotez. Autor nie wskazuje jednoznacznie, w jakim zakresie cel pracy został osiągnięty oraz które wyniki badań stanowią podstawę weryfikacji poszczególnych hipotez.
- 2) Luka badawcza została sformułowana zbyt kategorycznie. Twierdzenia o braku definicji i systemowego podejścia do rozwoju oprzyrządowania nie zostały wystarczająco potwierdzone systematycznym przeglądem literatury.
- 3) Autor rozprawy stwierdza, że opracowana metodologia została „designed and validated”. Przeprowadzone badanie przemysłowe potwierdza możliwość zastosowania metody w konkretnym środowisku organizacyjnym, ale zakres przeprowadzonej walidacji nie pozwala na tak jednoznaczne potwierdzenie jej uniwersalnej skuteczności.
- 4) Problematiczne jest stwierdzenie, że zastosowanie metodologii „translated into improved tool readiness and more stable start-up”. W przedstawionych badaniach nie wykazano w sposób ilościowy poprawy gotowości oprzyrządowania ani stabilności uruchomienia w porównaniu z sytuacją bez zastosowania metodologii. Brakuje układu porównawczego, wyników przed i po wdrożeniu oraz mierzalnych efektów zastosowanych działań ograniczających ryzyko.

- 5) Rozdział nie zawiera wystarczającego porównania uzyskanych wyników z dotychczasowym stanem wiedzy. Autor wskazuje własne osiągnięcia, ale nie odpowiada precyzyjnie na pytanie, co opracowana metodologia wnosi ponad np. FMEA, fuzzy FMEA, czy Stage-Gate. Wnioski powinny wyraźniej wskazywać rzeczywisty wkład naukowy i jego granice.

Uwaga ogólna:

W pracy przywołano 246 pozycji literaturowych, co wskazuje na szeroką bazę źródłową i mogłoby sugerować przeprowadzenie pogłębionego przeglądu stanu wiedzy. W treści rozprawy nie znajduje to jednak pełnego odzwierciedlenia. Literatura jest w znacznej mierze przywoływana w sposób opisowy, bez dostatecznie rozwiniętej krytycznej analizy, syntezy prezentowanych podejść oraz wskazania różnic i zależności pomiędzy wynikami dotychczasowych badań. W konsekwencji liczba wykorzystanych źródeł nie przekłada się w pełni na głębokość dyskusji naukowej ani na wyprowadzenie pogłębionych wniosków stanowiących podstawę do jednoznacznego uzasadnienia zidentyfikowanej luki badawczej.

Pomimo wskazanych uwag oceniam strukturę rozprawy jako przemyślaną, logiczną i odpowiadającą przyjętemu celowi badań. Rozprawa stanowi spójne opracowanie, w którym właściwie połączono analizę teoretyczną z opracowaniem autorskiego rozwiązania metodycznego oraz jego weryfikacją w warunkach przemysłowych.

V Pytania do Autora

Pytania odnoszą się do najważniejszych aspektów naukowych oraz praktycznych opracowanej metodyki.

1. W rozprawie wskazuje Pan na ograniczenia metody FMEA jako narzędzia oceny ryzyka procesu rozwoju oprzyrządowania. Jakie trzy najważniejsze przewagi posiada zaproponowana przez Pana metodyka w porównaniu z FMEA oraz w jakich sytuacjach klasyczna FMEA nadal byłaby rozwiązaniem wystarczającym?
2. Opracowana metodyka została zwalidowana w jednym przedsiębiorstwie z branży motoryzacyjnej. W jakim stopniu uważa Pan, że może ona zostać przeniesiona do innych gałęzi przemysłu, takich jak lotnictwo, produkcja maszyn czy wyroby medyczne? Jakie elementy wymagałyby adaptacji?
3. Jednym z kluczowych elementów metodyki jest wykorzystanie ocen eksperckich oraz logiki rozmytej. W jaki sposób ograniczono wpływ subiektywizmu ekspertów na końcową ocenę ryzyka oraz jakie działania należałoby podjąć, aby zwiększyć powtarzalność wyników?
4. W pracy zaproponowano podział ryzyka na Input Risk (RI) oraz Stage Risk (RSTG). Jakie korzyści praktyczne dla zarządzania procesem rozwoju oprzyrządowania wynikają z takiego rozdzielenia ryzyka w porównaniu z jego oceną jako jednej wartości?
5. W rozprawie przyjęto określone progi decyzyjne L/M/H oraz sposób agregacji ryzyka. Jak uzasadnia Pan wybór właśnie tych progów i agregacji multiplikatywnej? Czy przeprowadzenie analizy wrażliwości mogłoby wpłynąć na końcowe decyzje podejmowane na bramkach projektu?
6. Z perspektywy inżynierii mechanicznej najważniejszym celem procesu rozwoju oprzyrządowania jest zapewnienie jakości, niezawodności oraz gotowości produkcyjnej narzędzi. Jakiego Pana zdaniem, są największe ograniczenia opracowanej metodyki w odniesieniu do oceny ryzyka związanego z właściwościami konstrukcyjnymi i eksploatacyjnymi samego oprzyrządowania oraz jakie kierunki jej dalszego rozwoju uważa Pan za najbardziej perspektywiczne?

VI Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Grzegorza Derłęgi stanowi interesujące opracowanie o charakterze naukowo-aplikacyjnym, podejmujące aktualną i istotną problematykę doskonalenia procesu rozwoju oprzyrządowania produkcyjnego z uwzględnieniem aspektów zarządzania ryzykiem. Pomimo wskazanych w recenzji uwag krytycznych, które dotyczą przede wszystkim sposobu prezentacji i krytycznej syntezy literatury, uzasadnienia luki badawczej oraz jednoznacznego powiązania

uzyskanych wyników z przyjętymi celami i hipotezami badawczymi, rozprawa stanowi spójne opracowanie zawierające elementy oryginalnego rozwiązania problemu naukowego.

Rozprawa spełnia w wystarczającym stopniu wymagania stawiane pracom doktorskim w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna, w szczególności w zakresie:

- podjęcia aktualnego i istotnego problemu badawczego o znaczeniu poznawczym i aplikacyjnym;
- wykazania ogólnej wiedzy teoretycznej Autora w obszarze objętym tematyką rozprawy;
- umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz doboru i zastosowania metod badawczych;
- opracowania autorskiego podejścia do rozwiązania zidentyfikowanego problemu;
- przeprowadzenia badań oraz analizy uzyskanych wyników;
- wskazania możliwości praktycznego wykorzystania rezultatów przeprowadzonych badań.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Grzegorza Derłęgi spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm.). W związku z powyższym wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Grzegorza Derłęgi do dalszych etapów postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

20.07. 2026

Dr

[Redacted Signature] arek, prof. PP