

Częstochowa, 07.08.2025

Dr hab. inż. Sebastian Kot, prof. P.Cz.
Wydział Zarządzania
Politechnika Częstochowska

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgra inż. Macieja Piotra Kardasa
pt.: „Zasada Pareto w zarządzaniu jakością z zastosowaniem zintegrowanego
modelu statystycznej kontroli procesu i projektowania eksperymentu” napisanej
pod kierunkiem promotora dra. hab. Aleksego Kwilińskiego, prof. AWSB
oraz promotora pomocniczego: prof. dra. hab. Jan Polcyna w Akademii WSB
w Dąbrowie Górniczej**

Podstawą opracowanie recenzji jest pismo Pani Dziekan Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej dr hab. Katarzyny Szczepańskiej-Woszczyny, prof. AWSB, z dnia 02.07.2025 powierzające mi sporządzenie recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Macieja Piotra Kardasa.

Ocena zasadności podjętego tematu

Recenzowana praca doktorska mgra inż. Macieja Kardasa wpisuje się z pewnością w zakres nauk o zarządzaniu i jakości, poprzez podjętą trudną tematykę badań integrujących zasadę Pareto, statystyczną kontrolę procesu oraz projektowanie eksperymentu do zarządzania jakością. Warto zauważyć, że dotychczasowe badania dotyczące łącznego zastosowania tych podejść są nieliczne i mają przeważnie charakter teoretyczny, nie dostarczając szczegółowych wskazówek dotyczących analizy wyników czy formułowania konkretnych wniosków.

Ponadto zintegrowanie zasady Pareto ze statystyczną kontrolą procesu oraz projektowaniem eksperymentu może zapewnić bardziej wszechstronne zrozumienie oraz minimalizację źródeł zmienności w procesach produkcyjnych. W efekcie możliwe jest dokładniejsze zidentyfikowanie zmiennych mających największy wpływ na jakość produktu oraz określenie efektywnych metod ich optymalizacji.

Zatem, problem badawczy zidentyfikowany w rozprawie w pełni spełnia kryteria naukowe rozprawy doktorskiej. Rozprawa prezentuje oryginalne podejście do istotnego problemu naukowego. Stanowi ona cenny wkład w badania naukowe w tej dziedzinie i może przyczynić się do rozwoju nowych technik zarządzania jakością.

Przedmiot i zawartość rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Kardasa liczy 246 stron tekstu zasadniczego, układ pracy jest logiczny i przejrzysty składający się ze wstępu, czterech rozdziałów i zakończenia. W bibliografii zamieszczono 387 pozycji literaturowych, na które składają opracowania monograficzne i artykuły pochodzące z czasopism naukowych odpowiadających tematyce pracy. Należy zauważyć, że znakomita większość z artykułów wykorzystanych w pracy jest opublikowana w języku angielskim. Spis rysunków liczy 65 pozycji, w pracy można znaleźć również 18 tabel.

Praca rozpoczyna się wstępem, w którym Autor w wyczerpujący sposób uzasadnił potrzebę przeprowadzenia badań objętych pracą i znaczenie podjętych analiz oraz zaprezentował założenia pracy, które obejmowały cel główny pracy określony jako:

„Ocena skuteczności zastosowania zasady Pareto w połączeniu z integralnym modelem statystycznej kontroli procesu oraz projektowania eksperymentu w zarządzaniu jakością procesów produkcyjnych”

Następnie sformułowano problem badawczy określony następującym pytaniem:

„Jaki jest wpływ zastosowania zasady Pareto w połączeniu z integralnym modelem statystycznej kontroli procesu i projektowania eksperymentu na zarządzanie jakością procesów produkcyjnych?”

Sformułowano również dwie hipotezy badawcze o następującej treści:

H1: Implementacja zasady Pareto, opisującej uniwersalną prawidłowość wskazującą na koncentrację kluczowych czynników mających największy wpływ na wynik, w połączeniu z integralnym modelem statystycznej kontroli procesu oraz projektowania eksperymentu, przyczynia się do optymalizacji zarządzania jakością w procesach produkcyjnych poprzez identyfikację oraz skuteczną kontrolę głównych źródeł zmienności.

H2: Rozdzielczość, precyzja systemu pomiarowego oraz zastępowalność operatorów prowadzą do poprawy trafności podejmowanych decyzji.

Sformułowanie hipotez badawczych oceniam jako bardzo ambitne, naukowo interesujące i możliwe do weryfikacji przy użyciu metod naukowych. Aczkolwiek w przypadku hipotezy (H1) nagromadzenie zmiennych i relacji może prowadzić do trudności realizacji procesu badawczego i jej prawidłowej weryfikacji. Stąd zastanawiam się czy nie należałoby tej hipotezy przedstawić jeszcze w formie kilku hipotez pomocniczych.

Proponowane we wstępie pytania badawcze korespondują z celem i hipotezami a zilustrowanie procesu badawczego w postaci ideogramu koncepcji badań ułatwia zrozumienie całości pracy.

Moim zdaniem ogólna struktura rozprawy jest odpowiednia. Praca zawiera wszystkie niezbędne elementy wymagane w rozprawie doktorskiej. Poszczególne rozdziały tworzą spójną i logicznie ustrukturyzowaną całość, zgodną z celami i hipotezami badawczymi. Ponadto tytuły rozdziałów i podrozdziałów są sformułowane jasno i poprawnie, a każda część rozprawy porusza kluczowe zagadnienia przedstawione w tytule w sposób merytoryczny i skoncentrowany.

W rozdziale pierwszym Autor wprowadza czytelników w problematykę zarządzania jakością a jednocześnie systematyzuje koncepcje zarządzania jakością poczynając od istoty tego procesu, poprzez zarządzanie jakością w procesach produkcyjnych aż do analiz modeli, takich jak *Total Quality Management* (TQM), Lean i Six Sigma. Następnie przeanalizowano definicje jakości (co być może należało zrobić na początku tego rozdziału). Na uwagę zasługują bardzo wyczerpujące rozważania poświęcone zasadzie Pareto jako narzędziu pozwalającemu identyfikować i określać priorytety działań w zarządzaniu jakością. Na bardzo wysoką ocenę w tym rozdziale zasługują przeprowadzona analiza bibliometryczna wpływu zasady Pareto na zarządzanie jakością wraz z wizualizacją wyników w tym analiza wzajemnej zależności w obrębie wyróżnionych słów kluczowych. Niewielkim mankamentem, który znajduję w tym rozdziale jest wielokrotne cytowanie tego samego źródła (s. 37), choć należy przyznać, że całość rozdziału jest oparta na niezwykle rozległej kwerendzie literaturowej. Spodziewałbym się również, silniejszej postawy krytycznej Autora, w kontekście cytowanych treści.

W rozdziale drugim zatytułowanym „*Analiza teoretyczna metod statystycznej kontroli procesu i projektowania eksperymentu w obszarze jakości*”, Autor omawia znaczenie i liczne narzędzia statystycznej kontroli procesu (karty kontrolne, histogramy, diagramy Pareto, wykres rozrzutu, diagram przyczynowo skutkowy oraz wskaźniki zdolności procesu). Porównano również rodzaje zmienności w procesach, przedstawiono analizę systemów pomiarowych. Następnie Autor przedstawia podstawy projektowania eksperymentów, w tym metody eksperymentowania oraz różnice w eksperymentach pełnoczynnikowych i frakcjonowanych. Warto zauważyć, że treść tego rozdziału jest bardzo kompletna, wyczerpująca i uzupełniona przykładami zastosowania

Autor w rozdziale trzecim, odnosi się do integracji statystycznej kontroli procesu i projektowania eksperymentów i możliwości ich zastosowania w zarządzaniu jakością. W rozdziale tym w szczególności przedstawiono synergicznym zastosowaniu narzędzi

SPC, DoE oraz zasady Pareto w dynamicznych środowiskach produkcyjnych, w szczególności w optymalizacji procesów oraz co było niezwykle ciekawe, w kontekście Przemysłu 4.0. Warto zauważyć, że w rozdziale tym (podobnie jak w poprzednich), na zakończenie Autor daje czytelnikowi sprawnie przygotowane podsumowanie, gdzie w kilku punktach przygotowuje podstawę wiedzy dla badań empirycznych.

W rozdziale czwartym empirycznym Autor przedstawia problematykę oraz przedmiot badań a następnie założenia metodyczne pracy doktorskiej. Mając tak określone podstawy, zaprezentowano analizę empiryczną wpływu zastosowania zasady Pareto na optymalizację zarządzania jakością z wykorzystaniem zintegrowanego modelu statystycznej kontroli procesu i projektowania eksperymentu opartą na procesie produkcji farby jednoskładnikowej. Potwierdzam na podstawie licznych przedstawionych Autorskich analiz ilościowych, iż wyniki badań wykazały skuteczność zastosowanego podejścia w poprawie jakości produkcji. Cieszą się, że pomimo niewątpliwej komplementarności przedstawionego procesu badawczego, Autor zauważa ograniczenia proponowanego wielowymiarowego modelu SPC oraz DoE, uzupełnionego wykorzystaniem zasady Pareto, co niewątpliwie świadczy o dojrzałości badacza.

Autor w Zakończeniu przedstawia wnioski z pracy, odnosi się do stopnia realizacji celu pracy a przede wszystkim wskazuje, w jaki sposób zostały zweryfikowane proponowane hipotezy badawcze czego nieco brakowało mi w poprzednich rozdziałach oraz odpowiada wprost na pytania badawcze. Wskazuje również na kierunki dalszych badań.

Ocena merytoryczna pracy

Zakres i układ treści teoretycznej pracy nie budzą zastrzeżeń, a zawarte w niej zagadnienia opisane są jasno i rzeczowo. Na szczególne podkreślenie zasługuje zakres dokonanych rozważań biorąc pod uwagę lukę badawczą. Poniżej zawarłem najważniejsze wnioski z oceny merytorycznej pracy odnosząc się przede wszystkim do części empirycznej:

1. W ramach eksperymentu frakcjonowanego czynniki zostały przetestowane na dwóch poziomach. Choć podejście odpowiada praktyce inżynierskiej w zakresie identyfikacji czynników istotnych, należy zauważyć, że przy szeroko zakreślonych poziomach zmiennych oraz ograniczonej wiedzy procesowej może dojść do nieuwzględnienia potencjalnych nieliniowości. Brak reakcji procesu w określonym

przedziale lub występowanie krzywizn może prowadzić do błędnych wniosków dotyczących wpływu badanych czynników. W tym kontekście warto zaakcentować potrzebę iteracyjnego podejścia – obejmującego stopniowe zawężanie zakresów zmiennych i projektowanie kolejnych eksperymentów – jako elementu sprzyjającego osiągnięciu stabilnych oraz optymalnych parametrów procesowych. Aczkolwiek należy zauważyć, że brak takiego wskazania nie umniejsza poprawności analiz Autora, ale ogranicza perspektywę długofalowej optymalizacji.

2. W pracy skoncentrowano się na optymalizacji jednej cechy jakościowej – lepkości dynamicznej. Choć wybór uzasadniono w odniesieniu do charakterystyki badanego procesu, zasadne wydaje się podkreślenie możliwości rozwoju modelu w kierunku analizy wielocechowej. Ujęcie wielu zmiennych odpowiedzi równocześnie oraz identyfikacja potencjalnych kompromisów pomiędzy nimi mogłoby poszerzyć zakres zastosowań modelu w sytuacjach wymagających spełnienia różnych kryteriów jakościowych. Brak takiego rozszerzenia nie wpływa negatywnie na jakość obecnych badań.

3. W pracy wskazano, że skuteczność wdrożenia zaproponowanego modelu pozostaje zależna od uwarunkowań organizacyjnych, takich jak poziom kultury jakości oraz kompetencje pracowników. Zasadne wydaje się uwzględnienie również czynników miękkich – w szczególności poziomu zaangażowania personelu operacyjnego, efektywności działań szkoleniowych oraz wsparcia ze strony kadry kierowniczej. Choć te elementy nie stanowią głównego przedmiotu analizy, ich włączenie mogłoby stanowić cenny kierunek dalszych badań, zwłaszcza w kontekście wdrażania modelu w środowiskach o zróżnicowanej dojrzałości organizacyjnej. Nie ma to jednakże wpływu na rzetelność dotychczasowych ustaleń.

4. Choć praca koncentruje się na analizie zmienności oraz identyfikacji czynników istotnych dla budowania jakości, warto zaznaczyć potencjalny kierunek dalszych badań związany z powiązaniem wyników eksperymentu z systemowymi narzędziami zarządzania ryzykiem jakościowym, takimi jak FMEA. Dane uzyskane w toku DoE i SPC – zwłaszcza te określające wpływ poszczególnych czynników na odpowiedź procesu – mogą stanowić podstawę do uzupełnienia oceny istotności potencjalnych błędów, ich prawdopodobieństwa oraz wykrywalności w strukturze oceny ryzyka. Trzeba natomiast przyznać, że nie wpływa to negatywnie na moją ocenę obecnych wniosków.

5. Zaprezentowany model zakłada identyfikację zmiennych wejściowych na podstawie wiedzy procesowej i doświadczenia zespołu inżynierskiego, co pozostaje zgodne z ugruntowaną praktyką przemysłową. Kierunek dalszych badań można upatrywać w rozszerzeniu modelu o mechanizmy umożliwiające wstępną identyfikację potencjalnie istotnych zmiennych z wykorzystaniem danych historycznych – na przykład poprzez analizę współczynników korelacji. Takie rozwiązanie mogłoby pełnić funkcję uzupełniającą wobec wiedzy eksperckiej, szczególnie w warunkach ograniczonego dostępu do informacji procesowej lub w środowiskach dążących do większego stopnia automatyzacji. Traktuję niniejszą uwagę jako inspirację dla Autora do dalszych usprawnień.

6. W pracy zaprezentowano eksperyment frakcjonowany DoE jako metodę identyfikacji czynników wpływających na jakość procesu. Jednym z kierunków dalszych badań mogłoby być uwzględnienie rozróżnienia pomiędzy eksperymentem planowanym (DoE) a quasi-eksperymentem, zwłaszcza w odniesieniu do stopnia kontroli warunków oraz poziomu randomizacji. Wprowadzenie takiego rozróżnienia pozwoliłoby lepiej osadzić zastosowaną metodę w kontekście projektowania badań przemysłowych i uwzględnić typowe ograniczenia praktyczne. Brak tej refleksji nie umniejsza wartości rozprawy, ale może inspirować dalsze rozważania.

7. Prezentowany model opiera się na bezpośrednim zastosowaniu narzędzi SPC, DoE oraz zasady Pareto w środowisku rzeczywistym. Istotnym kierunkiem dalszego rozwoju koncepcji mogłaby być integracja z ideą cyfrowych bliźniaków – wirtualnych replik procesów fizycznych, opartych na danych rzeczywistych oraz modelach predykcyjnych. Wykorzystanie cyfrowego bliźniaka jako środowiska testowego umożliwia analizę skutków zmian parametrów wejściowych, ocenę interakcji czynników oraz weryfikację efektywności działań optymalizacyjnych bez ingerencji w rzeczywisty proces produkcyjny. Wirtualizacja przebiegu procesu sprzyja redukcji kosztów iteracyjnego doskonalenia, skróceniu czasu wdrażania zmian oraz zwiększeniu odporności modelu na zakłócenia. Integracja zaprezentowanego modelu z cyfrowym bliźniakiem mogłaby wyznaczać kierunek rozwoju w stronę symulacyjnego podejścia do zarządzania jakością, zgodnego z paradygmatem transformacji cyfrowej w przemyśle.

8. Praca napisana jest precyzyjnym językiem akademickim.

9. Wykorzystane metody badawcze są właściwie dobrane i umożliwiły osiągnięcie celów i weryfikację hipotez postawionych przez Autora.

10. Praca dowodzi posiadania przez Doktoranta dobrego warsztatu badawczego oraz wysokiego poziomu wiedzy teoretycznej i praktycznej do przeprowadzenia badań naukowych o oryginalnym charakterze jakim jest recenzowana dysertacja.

Zgłoszone powyżej niewielkie niedociągnięcia nie mają wpływu na niezwykle wysoką ocenę merytoryczną recenzowanej rozprawy doktorskiej. Ufam, że zgłoszone uwagi staną się okazją do ciekawej dyskusji naukowej podczas obrony.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Macieja Piotra Kardasa pt. *„Zasada Pareto w zarządzaniu jakością z zastosowaniem zintegrowanego modelu statystycznej kontroli procesu i projektowania eksperymentu”* **spełnia** wymogi stawiane pracom doktorskim zawarte w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku, *„Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”* i **może być** podstawą do ubiegania się o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk o zarządzaniu i jakości. Przeto wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony w Dyscyplinie Naukowej Nauki o Zarządzaniu i Jakości w Akademii WSB w Dąbrowie Górniczej.

Aschołowa 07.08.2025
Sebastian