

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Dominiki Siwiec nt.: „**Predykcja jakości produktów z uwzględnieniem wymagań klientów**”

Promotor: dr hab. inż. Andrzej Pacana, prof. PRz

*Podstawa opracowania: pismo z dnia 29 czerwca 2022 r.
Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna,
dr. hab. inż. Andrzeja Burghardta, prof. PRz.*

1. Zakres i charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa obejmuje 137 stron numerowanych, a w tym: 2 str. spisu treści, 3 str. wykazu wybranych terminów i akronimów, 95 str. zasadniczej części pracy, 16 str. literatury (245 pozycji), 2 str. spisu rysunków i tabel, 16 str. załączników, 1 str. streszczenia w j. polskim i w j. angielskim i 1 str. streszczenia w j. angielskim.

Praca składa się z 6 głównych rozdziałów.

Praca została bardzo starannie opracowana pod względem redakcyjnym.

We wprowadzeniu (s.7 - s.8) Autorka rozprawy w skrócie przedstawia aktualny, wiodący trend związany z rozwojem produktu, którym jest orientacja na klienta. Jego istotą jest zapewnienie poziomu jakości produktu, który będzie akceptowalny przez klienta. Ten trend dotyczy projektowania nowych produktów oraz doskonalenia poziomu jakości już istniejących produktów. Spełnienie oczekiwań klienta zgodnie z jego wymaganiami jest możliwe głównie w przypadku usług i produkcji jednostkowej, ponieważ produkt może być zorientowany i dopasowany do indywidualnych wymagań. Nie jest to realne w przypadku produkcji seryjnej i masowej ze względu na odmienne oczekiwania i preferencje znacznie większej liczby klientów.

Trafnie formuje Doktorantka ten problem pisząc, że: „...*wciąż poszukuje się możliwych modyfikacji produktów już istniejących tak, aby dostosować ich jakość nie tylko do aktualnych, ale też do zmieniających się i przyszłych oczekiwań klientów*”. Z drugiej strony określone oczekiwania klientów należy konfrontować z możliwościami produkcyjnymi i finansowymi przedsiębiorstwa.

W tym kontekście podjęcie zaproponowanego tematu rozprawy doktorskiej, którym jest opracowanie modelu predykcji jakości produktów, umożliwiającego określenie kierunku ich rozwoju uznają za trafne i w pełni uzasadnione przedsięwzięcie.

W rozdziale 1 - Syntetyczny przegląd prac dotyczących wymagań klienta wobec wyrobu (s.9 - s.39) mgr inż. D. Siwiec przedstawiła zwięźle opracowaną, metodologiczną koncepcję analizy literatury korzystając z dwóch międzynarodowych baz danych, tj. Web of Science oraz Scopus. **Uważam, że jest to wzorcowa procedura, godna polecenia osobom podejmującym pracę naukową.**

Doktorantka przeanalizowała publikacje (za okres: październik 2019 r.- kwiecień 2022 r.) z obszaru wymagań klientów w odniesieniu do produktu fizycznego, bazując na pracach o otwartym dostępie. Ujęto je w sześciu głównych obszarach dotyczących:

- weryfikacji prac do wstępnej analizy treści;
- pozyskiwania wymagań klientów;
- przetwarzania i precyzowania wymagań klientów;
- oceny jakości produktu z uwzględnieniem wymagań klientów;

- przewidywania wymagań klientów;
- wniosków z przeglądu literatury i wytypowania luk badawczych

Każdy z tych obszarów został odpowiednio skomentowany, a syntetycznie zostało to ujęte w zestawieniach tabelarycznych (tab.1.1 - tab.1.3) oraz graficznych (rys.1.1 - rys.1.6). O dobrze przemyślanej koncepcji rozprawy doktorskiej świadczą m. in. stwierdzenia (str.11), w których Doktorantka podkreśla, że:

- „... zainteresowanie analizowanym obszarem badań, a tym samym stosunkowo krótki okres fazy jego znaczącego rozwoju (od roku 2017), generuje możliwość wystąpienia luk badawczych. Z kolei uzasadnia to zasadność wyboru tego obszaru do badań”.
- „... celowym było określenie znaczenia tych prac pod względem naukowym i użytkowym” (rys.1.2 - analiza rodzaju opublikowanych prac).

W przedstawionych wnioskach z tej części rozprawy Doktorantka merytorycznie pogrupowała analizowaną literaturę pod kątem wymagań klienta w odniesieniu do produktu materialnego. Wykazała, że koncentrację luk badawczych stanowi obszar przewidywania wymagań klientów.

Zidentyfikowane luki badawcze dotyczyły braku:

- wykorzystania badań ankietowych do pozyskania oczekiwań klientów, z uwzględnieniem aktualnej i zmodyfikowanej, przyszłej jakości cech produktu;
- informacji i metody dotyczącej wymaganej liczności grupy badanych klientów w celu przewidywania jakości produktu;
- porównywania stanów cech produktu w czasie aktualnym i przyszłym;
- weryfikacji poziomu jakości produktu uwzględniającego aktualne oraz zmodyfikowane wagi i stany cech;
- przewidywania oczekiwań klientów uwzględniających aktualne i zmodyfikowane (hipotetyczne, przyszłe) wagi i stany cech produktu.

Zidentyfikowane luki badawcze stanowiły podstawę do sformułowania celu, tezy pracy oraz założeń do modelu predykcji jakości produktu z uwzględnieniem oczekiwań klientów.

Rozdział 2 - Problem naukowy, cel i teza (s.40 - s.41) zawiera klarownie przedstawioną koncepcję przeprowadzenia badań (rys.2.1) wraz krótkim komentarzem w odniesieniu do problemu naukowego, celu badawczego oraz planowanego modelu predykcji.

Teza pracy: „Zaoferowanie przez przedsiębiorstwo produktu o jakości zgodnej z wymaganiami rynku (klientów) wymaga zdefiniowania oraz uwzględnienia ważności cech jakościowych i ilościowych (cech kwalitatywnych i kwantytatywnych) produktu, a także możliwości produkcyjnych przedsiębiorstwa” jest sformułowana poprawnie i dotyczy głównych zagadnień, które powinny być rozwiązane w ramach rozprawy.

Rozdział 3 - Koncepcja, założenia i uwarunkowania modelu (s.42 - s.48) również został jednoznacznie, zwięźle przedstawiony (rys.3.1). Doktorantka przyjęła, że: „... koncepcja badań ukierunkowana będzie na wypracowanie modelu wspierającego przewidywanie jakości produktów według kombinacji stanów cech produktu (aktualnych i zmodyfikowanych) i ważności tych cech”.

Do wykonania badań i opracowania modelu zostały wytypowane metody i narzędzia wspomagające realizację poszczególnych etapów rozprawy doktorskiej. Należy też podkreślić, że Doktorantka przedstawiła również uwarunkowania i ograniczenia doboru poszczególnych metod i narzędzi.

Rozdział 4 - Model predykcji jakości produktów z uwzględnieniem oczekiwań klientów (s.49 - s.78) składa się z pięciu faz oraz dziesięciu głównych etapów. (rys.4.1). Każdy z etapów został jednoznacznie scharakteryzowany z uwzględnieniem założeń i warunków, które powinny

być dotrzymane, aby model można było uznać za wiarygodny. Dotyczy to w szczególności liczności próby badawczej (rys.4.2), ustalenia miar statystycznych i testowania hipotez (ta.4.1 - tab. 4.3). W pracy są zamieszczone odpowiednie do rozważanych zagadnień zależności matematyczne z właściwym w odniesieniu do nich komentarzem.

Uwagi: str.58 - jest „... poziomu ufności ($p = \alpha - 1$; powinno być: $p = 1 - \alpha$
str.75 - jest .. N itelacji”; powinno być: N iteracji

W opracowanym przez mgr inż. D. Siwiec modelu są uwzględnione najkorzystniejsze kombinacje stanów cech produktu. Na jego podstawie producent otrzymuje informacje, jakie działania przygotowawcze powinien podejmować, aby uzyskać udoskonalony produkt, który będzie satysfakcjonujący dla klientów oraz konkurencyjny na rynku.

Rozdział 5 - Weryfikacja opracowanego modelu (s.79 - s.98) zawiera procedurę testowania modelu zgodnie z przyjętymi fazami i etapami przedstawionymi w rozdziale 4 - rys. 4.1. Procedura ta dotyczy:

- **fazy 1 - zainicjowanie z wyborem produktu do badań i określeniem celu badań** (tab.5.1; wybrany produkt: odkurzacz *PROFI 1.2.*; cel badań: *przewidzenie jakości odkurzacza z uwzględnieniem ważności jego cech i według kombinacji stanów aktualnych oraz tych zmodyfikowanych cech*);
- **fazy 2 - działania przygotowawcze**, na które składają się: *wybór cech produktu; określenie stanów cech produktu (tab.5.2); pozyskanie oczekiwań klientów*;
- **fazy 3 - przetwarzanie i precyzowanie** zawierające:
 - ✓ określenie wymaganej liczności klientów (*określenie celu; ustalenie wartości miar statystycznych - tab.5.3; ustalenie hipotez statystycznych i dobór zmiennych - tab.5.4*);
 - ✓ obliczenie poziomu jakości produktu (*grupowanie cech produktu - tab.5.5 i tab.5.6; obliczenie wskaźnika aktualnego poziomu jakości produktu; określenie poziomu spełnialności oczekiwań klienta przez cechę produktu; wyznaczenie liczności cech produktu niespełniających oczekiwań klienta; obliczenie wskaźnika rzeczywistego poziomu jakości produktu; obliczenie wskaźnika porównywalnego poziomu jakości - tab.5.7*);
 - ✓ oszacowanie liczności próby badawczej (*określenie wielkości miar tendencji centralnej i rozrzutu - tab.5.8; określenie przedziału ufności dla średniej i wnioskowanie o liczności próby; zweryfikowanie liczności próby względem mocy testu - tab.5.9 i tab.5.10*);
 - ✓ przygotowanie danych do weryfikacji (tab.5.11);
 - ✓ określenie kombinacji stanów cech produktu (rys.5.3);
- **fazy 4 - przewidywanie** (rys.5.4 i tab.5.12), Doktorantka informuje, że: „... do obliczenia poziomów jakości odkurzacza *PROFI 1.2.* zastosowała zmodyfikowaną metodę MAP; obliczyła 468 poziomów jakości odkurzacza, które wynikały z kombinacji stanów jego cech; powstały one z kombinacji 6 cech ważnych, gdzie 5 z nich było opisanych przez stan aktualny i dwa stany zmodyfikowane, z kolei jedna cecha opisana była przez stan aktualny i jeden stan zmodyfikowany. Natomiast pozostałe cechy mniej ważne dla klienta (tj. 14 cech odkurzacza) opisanych zostało w kombinacjach uwzględniających jedynie stan aktualny”;
- **fazy 5 - doskonalenie**, w której doskonalenie produktu - odkurzacz *PROFI 1.2.* powinno być zrealizowane według kombinacji stanów jego cech będących na poziomie wyróżniającym. Producent powinien podjąć działania przygotowawcze i kolejno modyfikować stany cech odkurzacza w ten sposób, aby był on jednocześnie satysfakcjonujący dla klientów i konkurencyjny na rynku.

Rozdział 6 - Podsumowanie, wnioski i propozycje rozwoju problematyki badawczej.

Doktorantka prowadziła badania ankietowe w okresie od kwietnia 2020 roku do kwietnia 2022 roku uzyskując znacząca statystycznie próbę - 234 klientów. Sformułowane wnioski są efektem wykonanych badań i analiz.

We wnioskach poznawczych podkreśla m. in., że:

- opracowana procedura wraz z algorytmem (metoda MAP) prognozowania jakości produktów, w której uwzględnia się cechy jakościowe i ilościowe produktu oraz możliwości produkcyjne przedsiębiorstwa jest efektywnym narzędziem do racjonalnego określenia warunków produkcyjnych w przedsiębiorstwie oraz oczekiwań potencjalnych klientów;
- realizacja zaproponowanej procedury wymaga opracowania:
 - ✓ kompleksowej ankiety ze skalą Likerta, której zastosowanie powinno uwzględniać specyfikę analizowanego problemu badawczego;
 - ✓ algorytmu wyznaczania możliwych kombinacji stanów cech produktu na bazie programu MATLAB, w którym wprowadza się skalę stanów względnych i Naiwny Klasyfikator Bayesa do wyboru preferowanej kombinacji cech produktu.

We wnioskach utylitarnych zwraca uwagę m. in., że:

- oszacowanie jakości produktu metodą MAP umożliwiło obliczenie aktualnego poziomu jakości odkurzacza i jego zmodyfikowanych poziomów jakości z określeniem ich ważności w grupie cech ważnych, średnio ważnych i mało ważnych.
- opracowany algorytm w programie MATLAB zapewnia zintegrowanie wag cech odkurzacza z ocenami stopnia spełnienia jego cech w ramach utworzenia kombinacji stanów cech aktualnych i zmodyfikowanych;
- kierunek doskonalenia na przykładzie analizowanego odkurzacza PROFI 1.2. określają kombinacje stanów cech będące na poziomie wyróżniającym;
- opracowany model może być zastosowany do wspomagania działalności biznesowej przedsiębiorstwa.

W propozycjach rozwoju problematyki badawczej Doktorantka sugeruje kontynuację badań w trzech obszarach:

- zastosowania metody Analitycznego Procesu Hierarchicznego (AHP - *Analytical Hierachy Process*) do wyboru jakościowych cech produktu z uwzględnieniem ilościowych i jakościowych oczekiwań klientów;
- rozbudowy opracowanej procedury z wykorzystaniem modelowania z zastosowaniem teorii zbiorów rozmytych i sztucznych sieci neuronowych;
- rozbudowę i opracowanie modelu w taki sposób, aby zapewniał predykcję jakości produktów z jednoczesnym uwzględnieniem oczekiwań klientów oraz wpływu produktów na środowisko naturalne.

Są to interesujące i godne polecenia propozycje, świadczące o dobrze przemyślanej koncepcji rozwoju naukowego Doktorantki.

Podsumowując całość przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników stwierdzam, że zostały one wykonane i opracowane na bardzo dobrym poziomie. Wyniki te poszerzają wiedzę w dyscyplinie inżynieria mechaniczna w obszarze inżynierii produkcji, w zakresie metodologii, metod identyfikacji i oceny stanu procesu oraz jakości technologicznej wyrobów. Przedstawiona rozprawa doktorska zawiera oryginalne wyniki poznawcze i znaczące walory utylitarne.

2. Ocena metodologicznej i metodycznej koncepcji rozprawy doktorskiej

Na podstawie przedstawionej analizy rozprawy doktorskiej i procedury rozwiązywania postawionych zadań badawczych, **metodologiczną i metodyczną koncepcję rozprawy**

doktorskiej oceniam jednoznacznie pozytywnie. Mgr inż. Dominika Siwiec przedstawiła w rozprawie spójną merytorycznie analizę stanu wiedzy z zakresu rozwoju produktu zorientowanego na klienta i metod badań preferencji klientów. Wykazała, że ma bardzo dobrze opanowaną wiedzę logiczno-matematyczną do prowadzenia i merytorycznej analizy wyników badań. Potwierdziła tym samym, że dysponuje na wysokim poziomie usystematyzowanym zasobem wiedzy oraz umiejętności do realizacji prac badawczych i własnego rozwoju naukowego.

3. Ocena końcowa rozprawy doktorskiej

Przedstawiona rozprawa doktorska należy do aktualnego i ważnego obszaru badawczego, związanego z rozwojem wyrobów i planowania produkcji w celu zapewnienia akceptowalnej przez klientów jakości użytkowej tych wyrobów. **Rozprawa doktorska została opracowana bardzo starannie pod względem edycyjnym i redakcyjnym.**

Opiniowana rozprawa doktorska, mieszcząca się w dyscyplinie inżynieria mechaniczna posiada oryginalne cechy nowości, a także istotne walory użyteczne. **W mojej ocenie rozprawa doktorska mgr inż. Dominiki Siwiec zasługuje na wyróżnienie.**

Na podstawie przedstawionej opinii stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Dominiki Siwiec nt.: „**Pre dykcja jakości produktów z uwzględnieniem wymagań klientów**” spełnia wymagania ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (ustawa z dnia 14 marca 2003 r., tekst ujednolicony z dnia 29 września 2014 r. wraz rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r., a także ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, art.185.) i wnoszę o dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony.

Kraków, dnia 20 lipca 2022 r.



Józef Gawlik