

Częstochowa 16.03.2022

dr hab. inż. Robert Ulewicz, prof. PCz
Politechnika Częstochowska
Katedra Inżynierii Produkcji i Bezpieczeństwa
Al. Armii Krajowej 19B, 42-201 Częstochowa
robert.ulewicz@pcz.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotr Kamiński
pt.: „Identyfikacja technologiczna wytwarzania prętów mosiężnych przy
wykorzystaniu modeli symulacyjnych i probabilistycznych”
dyscyplina Inżynieria Mechaniczna (Inżynieria Produkcji)

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Kamińskiego pt.: „Identyfikacja technologiczna wytwarzania prętów mosiężnych przy wykorzystaniu modeli symulacyjnych i probabilistycznych" przygotowano na podstawie uchwały komisji Doktorskiej, Wydziału Budowy Maszyn i Informatyki Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej z dnia 21.12.2021r. Pismo W-1/24/2022 z dn. 24.01.2022 roku wystosował Dziekan Wydziału Budowy Maszyn i Informatyki Dr hab. inż. Jacek Pezda, prof. ATH.

Ogólna charakterystyka zawartości rozprawy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr inż. Piotra Kamińskiego powstała pod kierunkiem Pana dr hab. inż. Roberta Drobiny, prof. ATH.

Praca podzielona jest na trzy główne części: wstęp, analizę literatury i badania własne. Praca obejmuje 15 rozdziałów o łącznej objętości 233 stron, 122 rysunków, 24 tabel, 2 załączników oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Wykaz literatury zawiera 221 pozycji. Tło badawcze zostało poprawnie scharakteryzowane poprzez odpowiedni dobór literatury przedmiotu w większości pozycji opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych. Analizując strukturę pracy doktorskiej można stwierdzić, że Doktorant ma opanowany warsztat badawczy i w sposób

poprawny zaprezentował zarówno materię teoretyczną jak i empiryczną. Stąd też strukturę rozprawy doktorskiej uznaję za poprawną.

Praca poświęcona jest zagadnieniu w pełni aktualnemu, wpisując się w prowadzone w szeregu ośrodkach zagranicznych i krajowych badania związane z poszukiwaniem nowych koncepcji i modeli zarządzania procesem produkcyjnym, które mają zapewnić poprawę efektywności i wydajności realizowanych procesów produkcyjnych. Ma to szczególne znaczenie w procesach wysokoenergetycznych do których zaliczamy procesy metalurgiczne i procesy obróbki plastycznej. Poprawa efektywności procesów jak również eliminacja marnotrawstwa jest bardzo istotnym zagadnieniem w aspekcie kurczących się złóż naturalnych i jest zgodna z celami zrównoważanego rozwoju dla sektora metalurgicznego. Tematyka rozprawy ma charakter interdyscyplinarny, łącząc zagadnienia z obszaru inżynierii wiedzy z problematyką komputerowego wspomaganie zadań inżynierskich z klasycznymi problemami inżynierii produkcji. Oceniana rozprawa doktorska przedstawia szeroko zakrojone badania nad wybranymi zagadnieniami wykorzystania nowoczesnych technik, symulacji komputerowej i modelowania zwłaszcza dla potrzeb określenia prawdopodobieństwa realizacji zleceń produkcyjnych zgodnie z harmonogramem. W pracy Doktorant wykorzystał metody eliminacji marnotrawstwa (MUDY), poszukiwania i eliminacji ograniczeń (TOC), zastosował techniki pozyskiwania i opracowania statystycznego danych czasowych prowadzonego procesu produkcyjnego, modelowania i symulacji komputerowej oraz modelowania probabilistycznego. W oparciu o pozyskane dane Doktorant opracował autorski model zarządzania procesem produkcyjnym prętów mosiężnych.

Dlatego też uważam, że z punktu widzenia podjętej tematyki badawczej oceniana praca reprezentuje odpowiedni poziom naukowy oraz ma walor oryginalności, a zatem odpowiada warunkom, stawianym rozprawom doktorskim w obowiązującej ustawie o stopniach i tytule naukowym.

2. Ocena wyboru tematu pracy, jej zakresu, celów i metod badawczych

Tematyka rozprawy doktorskiej jest istotna zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia. Poznawcze znaczenie, to pozyskanie nowej wiedzy przy wykorzystaniu technik pozyskiwania i opracowywania danych szeregów czasowych i wykorzystania ich w modelowaniu probabilistycznym.

Autor rozprawy sformułował poprawnie następujące cele rozprawy:

Cel naukowy/badawczy:

Opracowanie nowego sposobu technologicznego i organizacyjnego przygotowania produkcji przy wykorzystaniu modeli probabilistycznych i symulacyjnych odzwierciedlających rzeczywiste warunki panujące na produkcji.

Cel użytkowym:

Wskazanie kierunków zmian w aspekcie organizacyjnym dążących do doskonalenia jakości prowadzonego procesu produkcyjnego oraz przedstawienie rekomendacji w obszarze określenia daty zakończenia zlecenia produkcyjnego, dzięki czemu przedsiębiorstwo mogłoby zwiększyć terminowość dostaw.

Cel o charakterze metodycznym:

Opracowanie podejścia oraz narzędzia badawczego umożliwiającego wytypowanie i eliminację wąskiego gardła w przedsiębiorstwie oraz wyznaczenie modeli probabilistycznych prowadzonego procesu produkcyjnego.

Doktorant w oparciu o przeprowadzone studia literaturowe i analizę uzyskanych wyników badań własnych postawił następującą tezę rozprawy:

Opracowanie nowego zintegrowanego systemu łączącego różne metody i narzędzia takie jak: modelowanie i symulacja komputerowa, narzędzia statystyczne i probabilistyczne, metody 5S oraz SMED jest podstawą efektywnego doskonalenia procesu produkcyjnego.

Wykorzystując zaprezentowane w pracy modele probabilistyczne procesu produkcyjnego można opisać fluktuacje prowadzonego procesu produkcyjnego oraz określić prawdopodobieństwo realizacji zlecenia produkcyjnego.

W mojej ocenie Doktorant sformułował w dysertacji dwie tezy, nie zmienia jednak to faktu, że zostały one sformułowane poprawnie i odzwierciedlają kluczowe elementy celu naukowego/badawczego dysertacji.

Tezy zostały potwierdzone na podstawie przeprowadzonej analizy danych empirycznych. Analiza ta stała się jednocześnie podstawą opracowania modelu probabilistycznego.

Przyjętą w recenzowanej rozprawie metodykę rozwiązania problemu badawczego, uznaję za poprawną.

Analizowane zagadnienie jest złożone, a jego analiza kłopotliwa i trudna. Jednocześnie należy podkreślić, że podjęcie badań w tym temacie jest ważne nie tylko

ze względu na znaczenie poznawcze, ale i użytkowe. Stąd też wynika moja pozytywna ocena zarówno tematu, sformułowania celów, zakresu i etapów badań podjętych przez Doktoranta. Praktyczne znaczenie tej pracy to walidowany w warunkach rzeczywistych opracowany model jak również wdrożenie autorskich rozwiązań. Opracowano również metodę postępowania poprawy funkcjonowania procesu produkcyjnego.

3. Uwagi szczegółowe

Uważam, że rozprawa została napisana, klarownie i logicznie. Układ pracy jest prawidłowy, a kolejność rozdziałów nie budzi zastrzeżeń. Język użyty w pracy jest prawidłowy. Pod względem edycyjnym pracę oceniam bardzo dobrze, w tekście występują sporadycznie: błędy literowe, gramatyczne czy też skróty myślowe.

Przegląd planów doświadczeń zastosowanych przez Doktoranta jest poprawny i dostatecznie szeroki.

Autor w pewnym momencie dysertacji wskazuje, że w dalszych pracach stosowany jest plan czynnikowy frakcyjny, ale w dalszej części nigdzie nie jest dostrzegalne jego zastosowanie. Poprawnie Doktorant przyjął stosowanie replikacji w celu redukcji błędów losowych i randomizacji w celu redukcji błędów systematycznych. Zastosowano tutaj ciekawy sposób mapowania losowości pobierania próbek na konkretne daty i czasy związane z pobieraniem, przy czym schematy poboru były różne dla każdej z trzech zmian. Wielkościami ilościowymi obserwowanymi były czasy trwania poszczególnych niezbędnych operacji technologicznych. Nie zdefiniowano jednak w mojej opinii czynników kontrolowanych (zmiennych objaśniających).

W badaniach przeprowadzono pasywne obserwacje wylosowanych wcześniej 75 z 720 możliwych przedziałów czasowych uzyskując realizację szeregów czasowych będących podstawą do wyznaczenia wybranych statystyk opisowych. Do uzyskanych realizacji dopasowano w różnych wariantach rozkłady prawdopodobieństwa: jednostajny, normalny lub trójkątny, oceniając dobroć uzyskanego dopasowania za pomocą testu chi-kwadrat. Do selekcji właściwego rozkładu zostało zastosowane dość kontrowersyjne podejście znane pod nazwą *p-hacking*, gdzie nie wyznaczono rozrzutu wartości p , więc nie można ocenić, czy poziom rozkładu trójkątnego ($p=0,99$) różni się znacząco od poziomu rozkładu normalnego ($p=0,89$). Tym samym nie dokonano też oceny pasma ufności dla histogramów, które to pasmo może być dość znaczne przy niezbyt licznej populacji 75 pomiarów.

Powiązane z tym jest niefortunne stwierdzenie „*konkretnym czasem zakończenia operacji wyciskania prętów o największym prawdopodobieństwie wystąpienia (około 90%) jest czas 331 sekund*”, gdzie wspomniany czas nie jest czasem o największym prawdopodobieństwie 90%, ale górnym (pesymistycznym) oszacowaniem 90% czasów trwania.

Podobnie niefortunne jest stwierdzenie „*Chcąc uzyskać 10% pewności czasu trwania operacji wyciskania prętów, powinno założyć się jej trwanie na poziomie 229 sekund*”, gdyż poprawne stwierdzenie brzmi, że nie więcej niż 10% czasów trwania będzie krótsze od 229 sekund.

Również w mojej opinii niefortunne jest stwierdzenie, że „*przedstawiono dopasowanie rozkładu teoretycznego do rzeczywistych danych empirycznych metodą graficzną. Analizując dane rozkładu czasu trwania operacji wyciskania prętów, można stwierdzić, że dane dość dobrze „układają się” wzdłuż linii prostej. Świadczy to o poprawnie dobranym modelu probabilistycznym rozkładu trójkątnego.*”

Jak podaje literatura przedmiotu metody graficzne są bardzo podatne na błędną ocenę z uwagi na dużą wrażliwość na liczbę danych. Czy nie byłoby wskazane zrezygnować z metody graficznej na rzecz odpowiedniego ilościowego testu dopasowania rozkładu np. Kołmogorowa-Smirnowa?

Podczas obrony prosiłbym również o uzupełnienie informacji o kryteriach doboru zastosowanych instrumentów Lean. Dlaczego ograniczono się tylko do SMED, 5S i POKA-YOKE?

Prosiłbym również o uzupełnienie informacji o praktycznych możliwościach wykorzystania proponowanego modelu w innych branżach, ponieważ Doktorant nie przyjął założeń dotyczących stopnia uniwersalności opracowanego modelu.

Czy przyjęte założenia pozwolą na modelowanie tylko w zakładzie metalurgicznym, czy też opracowany model będzie nadawał się do wykorzystania w przedsiębiorstwach o innych profilach produkcyjnych? Doktorant stwierdza w dysertacji, że tak, ale jaka jest podstawa takiego stwierdzenia?

Reasumując, pragnę jednoznacznie stwierdzić, że mimo drobnych niedociągnięć nie mam żadnych wątpliwości co do tego, że Doktorant prawidłowo zrealizował zamierzony cel pracy i udowodnił postawione tezy. Nie mam również wątpliwości, że oceniana praca jest udanym eksperymentem badawczym, zrealizowanym na dobrym

poziomie merytorycznym, a omawiany w niej problem ma istotne znaczenie poznawcze jak i użytkowe.

4. Podsumowanie oceny rozprawy

Uważam, że zarówno zakres pracy, jak również metoda opracowania i przedstawienia problemu są właściwie ujęte i odpowiednio dobrane. Przedstawienie w pracy doktorskiej, tak szerokiego zakresu materiału wymagało od Doktoranta dobrej znajomości problemów związanych z technologią wytwarzania prętów mosiężnych jak również zagadnień związanych z modelowaniem probabilistycznym oraz poprawą wydajności samego procesu.

Podsumowując:

- Autor pracy wykazał się dobrym opanowaniem nowoczesnego warsztatu naukowego prezentując znajomość zagadnień związanych z procesami wytwarzania prętów mosiężnych jak również technikami modelowania komputerowego i probabilistycznego.
- Na uznanie zasługuje opracowanie modeli probabilistycznych odzwierciedlających rzeczywiste warunki panujące w przedsiębiorstwie.
- Doktorant opracował zbiór dobrych praktyk i mapę drogową postępowania w celu poprawy procesu produkcyjnego oraz wyznaczenia modeli probabilistycznych czasu realizacji zleceń produkcyjnych w aspekcie eliminacji wąskiego gardła i eliminacji MUDY.
- Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.
- Przyjęty cel rozprawy został zrealizowany.

Na tej podstawie uważam, że otrzymane wyniki pracy stanowią samodzielne rozwiązanie problemu naukowego a rozprawa świadczy o ogólnej wiedzy Doktoranta w zakresie Inżynierii Mechanicznej (Inżynierii Produkcji).

Wnioskuje do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej o przyjęcie rozprawy doktorskiej Piotra Kamińskiego pt.: „Identyfikacja technologiczna wytwarzania prętów mosiężnych przy wykorzystaniu modeli symulacyjnych i probabilistycznych” i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

