

Kraków 1.07.2024

*Dr hab. inż. Jan Duda Prof. PK
Katedra Inżynierii Produkcji i Automatykacji
Politechniki Krakowskiej
31-864 Kraków
Al. Jana Pawła II 37
jan.duda@pk.edu.pl
tel. 12 628-32-84, 12 628-32-50
tel. kom. 515105689*

RECENZJA

rozprawy doktorskiej autorstwa mgr. inż. Matuszkiego pt.:

Budowa baz wiedzy w celu poprawy efektywności procesów produkcyjnych części maszyn

podstawa opracowania:

Pismo oraz umowa o dzieło z dnia 6.05 2023 r. z Uniwersytetu Bielsko-Bialskiego reprezentowanego przez Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Informatyki dr hab. inż. Jacka Pezdę.

1. Uwagi ogólne, ocena struktury i zawartości pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa mgr inż. Marcina Matuszkiego składa się z pięciu numerowanych rozdziałów; wykazu literatury, spisów tabel i rysunków, oraz streszczeń w języku polskim i angielskim. W treści rozprawy zawarto 76 ilustracji i 43 tabele. Pracę poprzedzono spisem treści i wykazem akronimów.

Recenzowana praca przedstawia propozycję budowy bazy wiedzy oraz opracowania systemu doradczego dla wybranych procesów produkcyjnych. W punkcie 1, wprowadzeniu do pracy, omówiono zakres zastosowań baz wiedzy w procesach produkcyjnych oraz znaczenie baz wiedzy w planowaniu procesów produkcyjnych odnosząc się do wdrażanych w ostatnich latach koncepcji Przemysłu 4.0, w których problematyka baz wiedzy zaliczana jest do kluczowych koncepcji. Sformułowano tym samym w punkcie 2 problem badawczy określający kierunek badań oraz cel i zakres pracy. Problem badawczy sprowadzono do uzyskania odpowiedzi na pytanie jakie techniki pozyskiwania wiedzy i techniki redukcji danych niepewnych oraz metody reprezentacji wiedzy będą odpowiednimi dla procesów produkcyjnych charakteryzujących się dynamiką, okresowością, przypadkowością, złożonością

problemów implikujących dużą ilość danych, dostępnych w zbiorach o skomplikowanej strukturze, często obarczonych błędami. Autor sformułował problem naukowy „opracowanie autorskiego algorytmu budowy baz wiedzy z uwzględnieniem redukcji danych niepewnych i niepełnych pojawiających się w danych pochodzących z procesów produkcyjnych, w taki sposób by wpłynąć na poprawę efektywności procesów produkcyjnych na etapie konstrukcyjno-technologicznego przygotowania produkcji części maszyn” i założył, że jego zastosowanie umożliwi skuteczną budowę baz wiedzy.

Autor założył, że zaproponowany algorytm uwzględniał będzie indukcję drzew decyzyjnych oraz matematyczną teorię ewidencji i zrealizowany zostanie na przykładach praktycznych budowy bazy wiedzy dla procesów produkcyjnych obróbki skrawaniem i wytwarzania przyrostowego oraz opracowania systemów doradczych.

W punkcie 3 dokonano przeglądu literatury przedstawiając metody pozyskiwania wiedzy a w odniesieniu do systemów produkcyjnych, zagadnienia identyfikacji i przetwarzania wiedzy produkcyjnej. Dokonano także przeglądu metod reprezentacji wiedzy koncentrując się na indukcji drzew decyzyjnych i regułowej reprezentacji wiedzy oraz zagadnieniach redukcji niepewności. Omówiono teorię przetwarzania niepewnych informacji Depstera-Shafera przywołując przykłady badań spoza obszaru merytorycznego pracy; klasyfikacji jakości rzek, osiadania pali, identyfikacji dokładności w predykcji genomowej w hodowli. Należy się zastanowić nad zasadnością analizy tak szerokiego obszaru zastosowań. W podsumowaniu stwierdzono, że w literaturze przedmiotu można zidentyfikować braki kompleksowych badań, które pomogłyby zdefiniować konkretne narzędzia i metody do budowy baz wiedzy, w domyśle w celu poprawy efektywności procesów produkcyjnych części maszyn, a także określić, jakie dane powinny być uwzględnione w takiej bazie. Stwierdzam, że analiza literatury powinna się kończyć wnioskami będącymi podstawą do sformułowania tezy pracy, w której w precyzyjny sposób należałoby określić metody i środki prowadzące do rozwiązania postawionego problemu badawczego.

W punkcie 4 omówiono przeprowadzone badania własne – proponowany algorytm budowy bazy wiedzy oraz zaprezentowano przebieg budowy bazy wiedzy dla procesów obróbki skrawaniem redukując zagadnienie do kwestii doboru półfabrykatu oraz pozyskania wiedzy dotyczącej procesu wytwarzania przyrostowego. W treści tego punktu omówiono zagadnienie indukcji drzew decyzyjnych z wykorzystaniem algorytmu ID4 nie definiując zmiennych we wzorach użytych do przeprowadzenia obliczeń. Zaprezentowano wygenerowane drzewa decyzyjne przed i po redukcji przykładów niepewnych. Przeprowadzono także indukcje drzew decyzyjnych z wykorzystaniem aplikacji DeTreeX 4.0, programu R Studio oraz przeprowadzono analizę porównawczą zastosowanych metod. Opracowano regułową reprezentację wiedzy dla tworzonych baz

wiedzy. W kolejnym punkcie opisano opracowane systemy doradcze dla rozpatrywanych procesów oraz ocenę ich efektywności. W ostatnim punkcie przedstawiono podsumowanie oraz wnioski poznawcze, utylitarne i dotyczące dalszych badań.

2. Ocena tematu, założeń, zakresu, celu i tezy pracy

Budowa baz wiedzy dla systemów ekspertowych należy do kluczowych koncepcji przemysłu 4.0. W coraz szerszym zakresie systemy ekspertowe wykorzystuje się we wspomaganiu procesów decyzyjnych dla poprawy jakości produktów i zwiększenia wydajności produkcji w systemach zmierzających do osiągnięcia inteligentnej produkcji. Temat rozprawy pt. **„Budowa baz wiedzy w celu poprawy efektywności procesów produkcyjnych części maszyn”** sformułowany jest poprawnie. Jednak z punktu widzenia zakresu rozpatrywanej dziedziny wiedzy z obszaru technologicznego przygotowania produkcji (dla doboru półfabrykatów, doboru filamentu) i jednoznacznie braku potwierzonego wpływu wspomaganie procesu decyzyjnego tych etapów na poprawę efektywności procesu produkcyjnego, wykazanego w punkcie 3 recenzji) wydaje się zbyt szeroko sformułowany. Wskazuje jednocześnie na główny cel pracy jakim jest odpowiedź na pytanie postawione przez autora rozprawy: „Jakie narzędzia do redukcji danych niepewnych, techniki pozyskiwania wiedzy i metody reprezentacji wiedzy są odpowiednie do zastosowania w procesie budowy baz wiedzy dla procesów produkcyjnych, umożliwiając zwiększenie efektywności tych procesów ...” Dla osiągnięcia postawionego celu pracy dokonano przeglądu literatury, określając lukę badawczą: „niewystarczającą ilość badań naukowych przeprowadzonych w kierunku budowy baz wiedzy z wykorzystaniem matematycznej teorii ewidencji Dempstera-Shafera do redukcji niepewności w danych produkcyjnych w połączeniu z indukcją drzew decyzyjnych” Mechanizmy wspomagające budowę drzew decyzyjnych dla regułowej reprezentacji wiedzy mogą się przyczynić do znacznie efektywniejszego tworzenia baz wiedzy dla systemów doradczych i poprawy efektywności produkcji. Szkoda, że nie zakończono przeglądu literatury wnioskami będącymi podstawą do sformułowania tezy pracy. Teza pracy powinna wynikać z wniosków z analizy literatury w kontekście tematu pracy.

W zaproponowanym algorytmie budowy bazy wiedzy (punkt 4 Badania własne), zastosowano wymienione wcześniej metody stwierdzając przedwcześnie, w punkcie 2 Cel i zakres pracy, że ...”Oparte na tym algorytmie podejście wykazuje potencjał poprawy efektywności procesów produkcyjnych”. Takie stwierdzenie powinno się znajdować, po potwierdzeniu lub obaleniu tezy pracy, we wnioskach pracy określających stopień jej spełnienia

3. Ocena merytoryczna

W punkcie 4 Autor przedstawił badania własne. W zaproponowanym algorytmie budowie bazy wiedzy (rys.24) nie wskazano, które z ...” połączonych metod przedstawionych w algorytmie” ... wyróżniają zaproponowane przez Autora podejście od proponowanych wcześniej. Przedstawiony algorytm zastosowano do pozyskania wiedzy „dotyczącej procesów produkcyjnych (procesów obróbki skrawaniem, procesu wytwarzania przyrostowego) czy raczej etapu przygotowania procesu technologicznego doboru półfabrykatu dla procesu wytwarzania części maszyn i etapu doboru filamentu dla procesu wytwarzania przyrostowego. W przedstawionym na rys. 25 schemacie strukturalnym procesu produkcyjnego proces wytwarzania zawężono do procesów obróbki skrawaniem pomijając inne ważne, w kontekście doboru półfabrykatu metody występujące w strukturach procesów technologicznych obróbki np. obróbki cieplnej, ciepłno-chemicznej.

Wątpliwości budzi zbyt wąski zestaw parametrów zbioru treningowego i możliwych przyjmowanych wartości np. Materiał (Metale i ich stopy, TS), Wymiary (Standardowe, niestandardowe). Czy można na podstawie takich ogólnych wartości redukować dane niepewne a w arkuszu panelowym udzielać racjonalnej odpowiedzi? Moim zdaniem w kontekście badania efektywności procesów produkcyjnych części maszyn należałoby ten zestaw parametrów poszerzyć. Indukcję drzew decyzyjnych (punkt 4.2.3) zilustrowano danymi pochodzącymi z określonego przedsiębiorstwa ujętymi w postaci zbioru uczącego. W tym przypadku nie uwzględniono np. materiału, wymiarów gabarytowych części, zwykle zdefiniowanego przez konstruktora i podanego w dokumentacji wykonawczej. Wygenerowane na tej podstawie drzewa decyzyjne i reguły będą zorientowane na procedury i więzi kooperacyjne (np. dostępność materiału) obowiązujące w danym przedsiębiorstwie – nie będą mieć zatem cech ogólności. W zbiorze uczącym nie uwzględniono tym razem materiału, z którego część ma być wytwarzana. Autor przedstawił kolejne kroki algorytmu (str.126) odwołując się do nieprzywołanego w wykazie literatury artykułu i nie wyjaśniając zmiennych użytych we wzorach. Zaprezentował także wygenerowane na zbiorze uczącym za pomocą algorytmu ID4 drzewa decyzyjne po i przed redukcją przypadków niepewnych. Drzewa decyzyjne są bardzo mało czytelne a ich pobieżne sprawdzenie wskazuje niską przydatność dla doboru półfabrykatu, doboru filamentu dla opracowania procesu wytwarzania konkretnych przykładów części maszyn zadanych dokumentacją konstrukcyjną. Sformułowano także zbyt daleko idący wniosek, „...że zaproponowany algorytm do budowy baz wiedzy dla poprawy efektywności procesów produkcyjnych, oparty na indukcji drzew decyzyjnych i DST jest skuteczny poprzez wspomaganie w procesie podejmowania decyzji, co bezpośrednio przekłada na eliminację

marnotrawstwa, między innymi poprzez zmniejszenie naddatków na obróbkę w procesie obróbki skrawaniem, a także zmniejszenie liczby nieużytecznych modeli powstających w procesie wytwarzania przyrostowego, wynikających z błędnego doboru filamentu pod wymagania, które mają zostać spełnione przez drukowany model.

Ocenie podano natomiast oprogramowanie De Treex 4.0 pakietu Sphinx i środowisko programistyczne z kodem napisanym w języku R generując analogicznie drzewa decyzyjne po i przed redukcją przypadków niepewnych. Nie sprecyzowano jednak jaką metodę indukcji zastosowano, ograniczając się do ich ogólnego omówienia w końcowej części punktu 4.2.6. Opracowane drzewa decyzyjne zostały zapisane w reprezentacji regułowej. W zbiorze reguł doboru półfabrykatu (nie tak jak zapisano w tytule tabeli (reguł klasyfikacyjnych dla procesu obróbki skrawaniem - Tab. 34, użyto kodów atrybutów co utrudnia ich percepcję. Zamieszczone przykłady zastosowań systemów doradczych ze zbudowanymi, na podstawie drzew decyzyjnych, bazami wiedzy (punkt 4.3) nie pozwalają na jednoznaczne stwierdzenie poprawności uzyskanych rozwiązań. Autor przyjął, że poprawę efektywności procesu produkcyjnego można uzyskać poprzez wsparcie pracowników działu technologicznego systemem doradczym wspomagającym mniej doświadczonych technologów w realizacji procedury doboru półfabrykatu (ale muszą to jednoznacznie stwierdzić) pod warunkiem, że system będzie dawał poprawne rekomendacje). Przyjęta postać półfabrykatu implikuje strukturę procesu technologicznego wytwarzania części i może wpłynąć na koszt wytwarzania części. Należałoby zatem obliczyć koszty wytwarzania części dla wariantów procesu obróbki ustalonych dla zbioru dopuszczalnych możliwych do zastosowania półfabrykatów. Taką funkcjonalność oferują systemy DFM, które pozwalają na oszacowanie kosztów jednostki wyrobu (materiału, oprzyrządowania, procesu, narzędzi). Czy zatem przyjęcie tego zadania jako końcowego na koncepcyjnym schemacie projektowania technologicznego w biurze technologicznym jest zasadne (rys.67). Schemat ten jak i schemat procesu wytwarzania przyrostowego opracowano w notacji BPMN, natomiast symulacje procesu produkcyjnego (w przypadku analizy procesu obróbki skrawaniem ograniczoną do etapu technologicznego przygotowania produkcji) w pakiecie FlexSlim. Dlaczego nie skorzystano z możliwości symulacyjnych pakietu, w którym modelowano proces w notacji BPMN. Na jakiej podstawie przyjęto czasy na wykonanie każdego etapu procesu, czasy oczekiwania na zasoby oraz wartości w polach decyzyjnych.

Reasumując Autor przedstawił procedurę, metody, narzędzia informatyczne, które w istotny sposób mogą się przyczynić do poprawy efektywności budowy baz wiedzy, ale moim zdaniem, w sposób niewystarczający poddał ocenie ich przydatność w realizacji zadań realizowanych przez pracowników działu technologicznego.

4. Ocena redakcyjna

Recenzowany tekst pracy napisany jest starannie chociaż miejscami zbyt rozbudowany o nie istotne z punktu widzenia toku wywodu fragmenty. Jego lekturę utrudniają zbyt rozbudowane zdania a także stwierdzenia o poprawności przyjętych rozwiązań przed ich merytorycznym omówieniem.

Niemniej zauważyłem szereg błędów formalnych i niezręczności językowych, które zaznaczyłem na przesłanej zleceniodawcy wersji elektronicznej tekstu pracy. Powyższe i podane w punkcie 2 recenzji uwagi do układu pracy, sprawiają, że jej lektura jest utrudniona. Przedstawione nieliczne uwagi formalne nie wpływają w sposób zasadniczy na moją pozytywną ocenę.

5. Wnioski końcowe

Pomimo uwag krytycznych co do układu pracy w dużej części o charakterze dyskusyjnym stwierdzam, że sformułowane przez Autora cele, w stopniu dostatecznym zostały osiągnięte. Tematyka prowadzonych badań mieści się w dziedzinie nauk technicznych i dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Na podstawie przygotowanej recenzji pozytywnie oceniam rozprawę doktorską Pana Marcina Matusznego pt.: Budowa baz wiedzy w celu poprawy efektywności procesów produkcyjnych części maszyn. Stwierdzam, że praca spełnia wymagania zawarte w nowej ustawie i może być dopuszczona do publicznej obrony.