

Prof. dr hab. inż. Bożena Skołud
Katedra Automatykacji Procesów Produkcyjnych
i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania
Politechnika Śląska

Recenzja

pracy doktorskiej mgr inż. Marcina Matusznego zatytułowanej „Budowa bazy wiedzy w celu poprawy efektywności procesów produkcyjnych części maszyn” realizowanej pod promotorstwem dr hab. inż. Izabeli Kutschenreiter-Praszkiewicz, prof. UB-B. Podstawą wykonania recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Informatyki dr hab. inż. Jacka Pezdy, prof. UBB. Powołujące się na Uchwałę 2/1/2023/2024.

1. Uzasadnienie podjęcia tematu

Podjęcie się tematu jest spowodowane rosnącym zapotrzebowaniem na wyroby dostosowane do indywidualnych potrzeb, zmiennej liczby zamówień, a także zwiększonych wymagań konsumentów w zakresie funkcji, jakości i wzornictwa, co z kolei pociąga za sobą skrócenie cyklu życia produktów. Przedstawione oczekiwania były już zdefiniowane w latach 80 XX w., gdy w odpowiedzi na nie pojawiła się idea integracji komputerowej oraz fabryki przeszłości (Factory of the Future - FoF). Problem ten jest nadal aktualny. W XX wieku trudno było sprostać stawianym oczekiwaniom i wymaganiom, przy zapewnieniu niskich kosztów, gdyż możliwości dostępnych w tym czasie systemów informatycznych nie umożliwiały ani odpowiednio szybkiego przetwarzania informacji, ani też gromadzenia dużych ilości danych. Zwiększenie wydajności procesów produkcyjnych jest możliwe przez usprawnienie procedur wykorzystywania istniejących danych i dostępnej technologii informacyjnej. Bazy wiedzy w przedsiębiorstwach produkcyjnych powinny pozwalać na uzupełnianie i aktualizację wiedzy dotyczącej procesów produkcyjnych. Zarządzanie wiedzą jest więc elementem decydującym o konkurencyjności przedsiębiorstwa.

Doktorant zwrócił uwagę na fakt, że istotnym problemem pozostaje ogromna liczba danych, która w wielu przypadkach utrudnia przeprowadzenie ich analizy. Pociąga to za sobą konieczność zastosowania mechanizmów wyszukiwania danych albo stosowanie wzorców ułatwiających ich identyfikację. Podsumowując, pozytywnie oceniam przeprowadzoną diagnostykę potrzeb i podjęcie się tematu badań.

2. Ocena treści rozprawy

Praca została podzielona na 5 rozdziałów. Na początku pracy załączono wykaz zastosowanych akronimów, skrótów i symboli. Dodano również wykaz literatury, zawierający 281 pozycji, spis rysunków oraz spis tabel.

Rozdział pierwszy, będący wprowadzeniem do rozprawy, obejmuje zagadnienia z zakresu baz wiedzy, ich zastosowania oraz znaczenia w odniesieniu do procesów produkcyjnych. Rozdział kończy się krótką prezentacją poszczególnych etapów pracy. W tym miejscu zabrakło wniosków z przeprowadzonej analizy, zasygnalizowania problemu oraz celu pracy.

W rozdziale drugim, zatytułowanym „Cel i zakres pracy”, zakomunikowany został problem naukowy. Sformułowanie problemu sprowadziło się do następującego stwierdzenia: „problemem naukowym jest 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.” Nieco dalej cel pracy został jeszcze raz przedstawiony „Głównym celem rozprawy jest budowa baz wiedzy z wykorzystaniem autorskiego algorytmu uwzględniającego indukcję drzew decyzyjnych oraz matematyczną teorię ewidencji”. Jak widać sformułowanie celu jest bardzo zbliżone do wcześniej opisanego problemu. Oba przytoczone fragmenty koncentrują się na zadaniu do wykonania. Uważam, że przedstawiona w rozdziale 1 analiza może zostać uznana za ocenę oczekiwań i jako taka stanowi tło problemu naukowego, dla którego sformułowano cel pracy.

W przedstawionej na początku dysertacji analizie, Doktorant skoncentrował się na opisie baz wiedzy i sposobach pozyskiwania wiedzy. Nie odniósł się do procesów produkcyjnych i nie wykazał potrzeby zarządzania wiedzą w tym zakresie. Zarządzanie wiedzą produkcyjną, a w szczególności budowa bazy wiedzy powinna zostać uwarunkowana nadrzędną potrzebą, wynikającą ze złożoności procesów, ilości wiedzy itp.

Rozdział 3 poświęcono analizie literatury. Skoncentrowano się na zagadnieniach z zakresu pozyskiwania wiedzy, w szczególności opisano stosowane metody. Przedstawiona w tej części pracy analiza koncentruje się głównie na publikacjach polskich autorów, zamieszczonych w podręcznikach lub wydawnictwach uczelni. Przyznaję, że udział naszych naukowców, w tym Szkoły Śląskiej, jest zauważalny w skali międzynarodowej i nie zamierzam umniejszać ich wpływu na rozwój nauki. Jednak oczekiwałabym od Doktoranta odniesienia się również do publikacji zawartych w opracowaniach o szerszym zasięgu, tj. w recenzowanych czasopismach o zasięgu ogólnościowym. Ponadto przegląd literatury, w dużym zakresie, odnosi się do wydawnictw sprzed 20 lat, co może powodować przestarzały pogląd.

Należałoby zwrócić uwagę na pewne techniczne aspekty i wady tego rozdziału. Zaliczam do nich nieprzemyślaną strukturę rozdziału, co utrudnia zrozumienie zawartych w nim treści i sens analizy. Przykładowo podrozdziały 1-6 zawierają zagadnienia z zakresu metod reprezentacji wiedzy, natomiast w kolejnym podrozdziale przedstawiono metodę oceny efektywności procesów produkcyjnych, co zupełnie nie jest powiązane z poprzedzającą treścią tego rozdziału. Uważam, że lepsza byłaby w pierwszej kolejności prezentacja zagadnień związanych z procesami produkcyjnymi, ich efektywnością oraz potrzebą pozyskiwania i zarządzania wiedzą, a dopiero po tym należało omówić kwestie samej reprezentacji wiedzy. Nieścisłości widać też w ostatnim zdaniu, które mówi " ...prócz tego zidentyfikowano także lukę teoretyczną, która objawia się brakiem opracowań teoretycznych ukierunkowanych ściśle na budowę baz wiedzy w dziedzinie inżynierii produkcji w oparciu o dane pochodzące z procesów produkcyjnych". Analiza literatury przedstawiona w pracy nie dowodzi prawdziwości tego zdania, jest to raczej stwierdzenie samego autora, niż wniosek wynikający z przedstawionych treści.

Pozytywnie oceniam jednak dążenie Doktoranta do stworzenia metod „elastycznych” i adaptacyjnych, które będą w stanie efektywnie radzić sobie z różnorodnymi danymi i specyficznymi warunkami procesów produkcyjnych.

Realizacja celu, którym jest poprawa efektywności odbywa się według kryterium oszczędności i kryterium wydajności. Takie podejście budzi pewne wątpliwości, gdyż wzrost wydajności jest uzasadniony jedynie zapotrzebowaniem, w sytuacji gdy rynek jest w stanie „wchłonąć” większą liczbę produktów (nadprodukcja jest największą stratą w kontekście Lean Production). W rozważanej produkcji jednostkowej, małoseryjnej i średnioseryjnej produkcja ogranicza się do zakontraktowanej liczby wyrobów.

Po analizie tej części rozprawy nasuwają się dodatkowe uwagi szczegółowe:

- zamieszczone schematy (np. rys. 17, 19, 21) mają charakter prostych rysunków i nie wnoszą wartości do pracy. Można je było pominąć bez szkody dla pracy.
- rys. 18, wymaga, co najmniej, skomentowania zaproponowanej klasyfikacji. Wiele z przydzielonych (metod, podejść) można zastosować w innych niż wskazane obszary. Na przykład „wąskie gardła” można rozpatrywać również w odniesieniu do zagadnień produkcyjnych (zasobów i ich dostępności), a tym samym do wydajności produkcji).

W Rozdziale 4. zatytułowanym „Badania własne” przedstawiono budowę baz wiedzy (KB) w oparciu o zaproponowany algorytm z wykorzystaniem indukcji drzew decyzyjnych oraz teorii Dempstera-Shafera. Decyzję o wyborze metod Doktorant podjął arbitralnie.

Poszukiwana jest metoda budowy baz wiedzy, która umożliwi jej szybkie tworzenie w zaistniałych warunkach, nie zaś budowa jej dedykowanej postaci. Tego rodzaju rozwiązanie ma charakter metodologiczny, co uznaję za oryginalne rozwiązanie w dyscyplinie inżynieria mechaniczna (subdyscyplinie inżynieria produkcji). Uzyskany wynik może zostać

wykorzystany również do budowy baz wiedzy w odniesieniu do innych zagadnień produkcyjnych, niż zaprezentowane w dysertacji.

Ciekawym rozwiązaniem zaprezentowanym w pracy jest zastosowanie DST do redukcji przypadków niepewnych ze zbioru treningowego w bazie, a dopiero w następnej kolejności generowanie drzew decyzyjnych.

Autor stwierdza, że temat badań został przyjęty na podstawie opisanych procesów produkcyjnych. Warto zauważyć, że wcześniej zaledwie wspomniał o procesach, niestety nie zostały one scharakteryzowane, ani co do charakteru produkcji, jej zmienności, ani w odniesieniu do stosowanych technologii i technik wytwarzania.

Do dalszych analiz wybrano dwie bardzo zróżnicowane techniki wytwarzania: ubytkową – obróbki skrawaniem oraz przyrostową. Zakładam, że decyzja ta została podyktowana ich stosowaniem w analizowanym przedsiębiorstwie Micro 3D.

Po prezentacji asortymentu i sposobu produkcji Doktorant określił źródła pozyskiwanej wiedzy. Ze względu na różnorodność oraz niepewność wiedzy zdecydował, że dane zostaną poddane analizie z wykorzystaniem drzew decyzyjnych. Zależności pomiędzy poszczególnymi parametrami zostały określone na podstawie konsultacji z ekspertami. Przyjęto, że ekspertami są pracownicy przedsiębiorstwa oraz założono, że każdy z nich ma odpowiednią, wystarczającą wiedzę. Zważając na istotną rolę ekspertów w procesie oceny ich dobór powinien zostać przeprowadzony na podstawie oceny ich kwalifikacji. Fakt zatrudnienia nie powinien być wystarczający do wystawienia pozytywnej oceny ekspertowi, zważywszy na to, że może to być osoba bez doświadczenia albo osoba, której działania opierają się na rutynowych decyzjach, pozbawiona odpowiedniej wiedzy o procesie technologicznym.

Moje wątpliwości budzi również kwestia eliminacji wielkości niepewnych. Wprawdzie wspomniano o badaniu panelowym prowadzonym wśród pracowników, jednak moje wątpliwości budzi eliminacja np. alternatywnych postaci półfabrykatu. W technologii maszyn spotykamy się z licznymi przypadkami, gdy takie rozwiązania alternatywne są stosowane, a zależne są np. od dostępności półfabrykatu, kosztu jego przygotowania, odległości dostawcy. Przedstawione wyniki w tabelach 12 i 13 pokazują, że oceny ekspertów nie są jednoznaczne. Moim zdaniem, bez oceny kompetencji poszczególnych ekspertów uzyskany wynik nie jest wiarygodny, o czym już wspomniałam wcześniej.

Analogiczną analizę przedstawiono dla technologii przyrostowych, w tym przypadku dotyczyła ona doboru filamentu stosowanego w wytwarzaniu.

Kolejno przedstawiono indukcję drzew decyzyjnych z wykorzystaniem ID4, AI Sphinks oraz R Studio w odniesieniu do doboru postaci materiału wejściowego. Drzewa decyzyjne umożliwiają klasyfikowanie części oraz ułatwiają zrozumienie podjętych decyzji. Badania porównawcze zastosowanych narzędzi informatycznych nie dały jednoznacznej odpowiedzi, które z nich daje lepsze wyniki. Doktorant zaleca analizę oczekiwań i w zależności od nich

dokonanie doboru programu. Warto tu jednak zwrócić uwagę, że w niektórych przypadkach korzystniejszy jest jedynie efekt wizualizacyjny, co nie świadczy o jakości rozwiązania.

Analiza porównawcza trzech metod indukcji drzew, przedstawiona w postaci tekstu, prezentuje pewne cechy każdej z nich, ale niestety nie są one porównywalne. Korzystna byłaby prezentacja porównania wspomnianych cech w postaci tabeli. Zestawienie wyników w jednym miejscu oraz zastosowanie tych samych wskaźników oceny umożliwiłoby natychmiastową odpowiedź i szybki wybór metody, zapewniającej lepsze rezultaty.

Nasuwa się pewna dodatkowa uwaga, że kryteria doboru półfabrykatu oraz ocena, która ogranicza się do zmniejszenia naddatku na obróbkę, nie są wystarczające, szczególnie dla produkcji jednostkowej. Uważam, że należałoby zwiększyć liczbę parametrów oceniających postać materiału wejściowego biorąc pod uwagę techniki wytwarzania, wielkości produkcji ale też koszt przygotowania. Warto byłoby w przyszłych badaniach uwzględnić ten aspekt.

Doktorant przedstawił również regułową reprezentację wiedzy, którą nazwał przyjazną i perspektywiczną, jednakże ograniczył się jedynie do zaprezentowania przykładowych reguł. Kolejną część pracy prezentuje system doradczy opracowany z wykorzystaniem AI Sphinx, którego zadaniem jest dobór postaci półfabrykatu (w przypadku obróbki skrawaniem) i filamentu (w przypadku doboru materiału do druku 3D). Wybór AI Sphinx został dokonany arbitralnie, bez podania uzasadnienia niniejszej decyzji.

Kolejne elementy pracy dotyczą oceny procesu produkcyjnego. Analizę przeprowadzono na podstawie modelowania i symulacji z wykorzystaniem Flex-Sim. Doktorant w ten sposób zaprezentował kolejne środowisko, które posiada ogromne możliwości, jednakże wynik uzyskany z symulacji jest zależny jedynie od doboru postaci półfabrykatu. Podobną analizę przeprowadzono dla procesu z wykorzystaniem techniki przyrostowej i zależnej od doboru filamentu.

Uwagi szczegółowe do rozdziału:

- Niezręczne jest sformułowanie „głównym celem badań jest budowa KB, ... w celu poprawności efektywności procesów produkcyjnych części maszyn”. W kontekście przedstawionych badań, KB pomaga jedynie dobrać postać materiału wejściowego do produkcji. Nie analizowano innych aspektów.
- Przedstawiając charakter obróbki skrawaniem Doktorant odniósł się do rys. 25, na którym jeden element zawiera pole o nazwie „obróbka skrawaniem”. Na schemacie zaprezentowano fazy konstrukcyjnego i technologicznego przygotowania produkcji oraz fazę montażu.
- Przyjęta struktura rozdziału (podobnie jak rozdział 1 i 3) utrudnia rozumienie treści. Szkoda, że nie wprowadzono podrozdziałów porządkujących zawartość.

3. Podsumowanie i wniosek

Podsumowując stwierdzam, że przeprowadzona analiza literatury i oczekiwań rynku wskazuje na potrzebę wsparcia podejmowania decyzji w zakresie przygotowania produkcji.

W odpowiedzi na te oczekiwania opracowano algorytm do pozyskiwania wiedzy dotyczącej procesów produkcyjnych pozwalający na budowę baz wiedzy. Ma on uniwersalny charakter i nie ogranicza się do jednej techniki wytwarzania. Może zostać wykorzystany zarówno w systemach produkcji jednostkowej, małoseryjnej, jak i średnioseryjnej.

Opracowany algorytm budowy bazy wiedzy wspiera podejmowanie decyzji na etapie projektowania procesu technologicznego wpływając na koszty wytwarzania. Skoncentrowano się na jednej fazie produkcji - doborze postaci materiału wejściowego (półfabrykatu), oraz wykazaniu wpływu tej decyzji na przebieg procesu produkcyjnego i jego efektywność.

Stworzono metody o elastycznym i adaptacyjnym charakterze, które będą w stanie efektywnie radzić sobie z różnorodnymi danymi i specyficznymi warunkami procesów produkcyjnych.

Wykorzystano teorię ewidencji do eliminowania przypadków niepewnych, co w konsekwencji pozwala na korzystanie z różnych, niezależnych źródeł informacji.

Opracowany algorytm i zaproponowana metodologia ma duże znaczenie dla zmiennej produkcji zorientowanej na klienta, gdzie decyzje muszą być podejmowane wielokrotnie w ciągu dnia.

Opracowany system doradczy może zostać wykorzystany w przedsiębiorstwach w celu wsparcia niedoświadczonych technologów.

W treści recenzji zawarłam uwagi z nadzieją, że część z nich zostanie uwzględniona podczas prezentacji w trakcie obrony oraz że zostaną one wykorzystane w dalszych badaniach naukowych prowadzonych przez Doktoranta.

Wyniki uzyskane w pracy, zarówno metodyczne jak i utylitarne pozwalają mi na stwierdzenie, że przedstawiona do oceny dysertacja, pomimo licznych uwag zawartych w recenzji, w stopniu wystarczającym spełnia oczekiwania stawiane przez ustawę i wnosi elementy nowości do dyscypliny inżynieria mechaniczna

W świetle obowiązującej Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (z późniejszymi zmianami) oceniam pozytywnie przedstawioną rozprawę mgr inż. Marcina Matusznego zatytułowaną „Budowa bazy wiedzy w celu poprawy efektywności procesów produkcyjnych części maszyn”. Wnioskuje do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna o dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.

Bożena Szelmas