

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marka Uliasz

pt. ***Opracowanie metodyki oceny stanu zrobotyzowanych stanowisk i ich zdolności do realizacji procesów technologicznych przy uwzględnieniu urządzeń i czynników mających na nie wpływ.***

Recenzja pracy doktorskiej została wykonana na wniosek Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Rzeszowskiej, pismo RM-530-13-01/2022, do którego dołączono egzemplarz rozprawy.

1. Wybór tematyki pracy doktorskiej

Tematyka rozprawy doktorskiej mgr inż. Marka Uliasz dotyczy ważnych zagadnień z punktu widzenia robotyki, a w szczególności aplikacji technik umożliwiających spawanie z wykorzystaniem stanowisk zrobotyzowanych. Obejmuje swym zakresem obszary związane z technologią, jak również sterowaniem, sztuczną inteligencją i statystyką. Praca wpisuje się tematyką w szereg aktywności naukowych podejmowanych przez zespół badawczy na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej.

Zastępowanie pracy ludzkiej poprzez automatyzację jest zjawiskiem nieuniknionym i pożądanym z ekonomicznego punktu widzenia. Główne czynniki (oprócz ekonomicznych) determinujące postęp w obszarze automatyzacji produkcji to, szybkość wytwarzania, poprawa warunków pracy, zwiększenie poziomu BHP oraz poprawa jakości produktów, co implikuje rozwój min. stacji zrobotyzowanych realizujących np. procesy spawania.

Specyfika produkcji dla branży lotniczej to przede wszystkim konieczność zapewnienia wysokiej jakości wytwarzania związanej z bezpieczeństwem lotu. Konstrukcje silników lotniczych przed oddaniem do eksploatacji przechodzą bardzo rygorystyczne testy, które pochłaniają duże zasoby finansowe i czasowe. Jest to jeden z głównych powodów tego że, czas eksploatacji danego, pojedynczego modelu silnika może wynieść nawet kilkadziesiąt lat. Produkcja jego komponentów musi zapewniać powtarzalność w całym tym okresie. Dlatego tematyka związana z technologią wytwarzania części dla danego modelu silnika jest aktualna przez kilkadziesiąt lat. W tym okresie zmieniają się możliwości, technologie, sposoby wytwarzania, dlatego proces wytwórczy silnika lotniczego ewaluuje w całym horyzoncie czasowym jego produkcji.

W aspekcie naukowym i badawczym przedstawiony problem jest ważny i aktualny, a jego rozwiązanie może mieć istotny wpływ nie tylko na poprawę wydajności stanowisk zrobotyzowanych ale również znacząco podnieść poziom bezpieczeństwa, niezwykle istotny w tego rodzaju aplikacjach. Zaprezentowana w rozprawie tematyka badawcza wymaga znajomości wielu dziedzin nauki i techniki zaczynając na czysto inżynierskiej wiedzy związanej z integracją komponentów systemów zrobotyzowanych, przez zagadnienia technologiczne dotyczące spawania, budowy silników lotniczych, zagadnień badań nieniszczących, akwizycji sygnałów, metod statystycznych, uczenia maszynowego, na programowaniu kończąc. W mojej opinii praca ma charakter praktyczny, a rozwiązania problemów przedstawionych do rozwiązania oparte są o metody naukowe. Jest to zgodne z założeniami projektu „Doktorat wdrożeniowy”, którego przedmiotem „... jest tworzenie warunków do rozwoju współpracy podmiotów systemu szkolnictwa wyższego i nauki z otoczeniem społeczno-gospodarczym, prowadzonej w ramach szkół doktorskich i polegającej na kształceniu doktorantów we współpracy z zatrudniającymi ich przedsiębiorcami albo innymi podmiotami, której efektem będzie wdrażanie w tych podmiotach wyników prowadzonej przez doktorantów działalności naukowej”. Praktyczna implementacja systemu została poparta badaniami prowadzonymi w ścisłym reżimie naukowym poprzez zastosowanie stosownych metod oraz statystyk weryfikujących przyjęte podejście. Nie wszystkie przedstawione w pracy rozważania są wprawdzie nowe i konieczne do przedstawienia w rozprawie jednak ich biegła znajomość oraz umiejętność adaptacji do nowych aplikacji jest niezbędna w aspekcie efektu jakim jest opracowanie kompletnej metodyki oceny stanu zrobotyzowanego stanowiska. Z powyższych względów należy więc uznać, że podjęta przez autora tematyka pracy jest z naukowego punktu widzenia uzasadniona, a jej efekty pożądane zarówno w aspekcie poznawczym jak i praktycznym.

2. Tytuł, treść i układ rozprawy

Zaproponowany tytuł rozprawy „Opracowanie metodyki oceny stanu zrobotyzowanych stanowisk i ich zdolności do realizacji procesów technologicznych przy uwzględnieniu urządzeń i czynników mających na nie wpływ” w sposób ogólny oddaje treści zawarte w pracy. Brak jest odniesienia do konkretnej aplikacji, dla której przeprowadzono proces badawczy.

Całość rozprawy została przedstawiona na 116 stronach wraz ze streszczeniem w wersji angielskiej. Bibliografia obejmuje 78 pozycji, przy czym są to prace autorów polskich i zagranicznych w większości wydane po roku 2005. Świadczy to o znajomości przez autora najnowszych trendów związanych z robotyką i jej aplikacjami.

Treść pracy jest dobrze uzupełniona materiałem graficznym odnoszącym się głównie do wyników badań i analiz wykonanych przez autora oraz przyjętej metodologii postępowania. Niektóre z charakterystyk zawierają błędne lub niepełne oznaczenia osi układów odniesienia co może utrudniać interpretację wyników. Użyty w pracy język jest zrozumiały, a przyjęta terminologia w większości poprawna i nie budzi zastrzeżeń, choć w treści doszukać się można kilkunastu literówek.

Rozdział 1 zawiera rys historyczny dotyczący polskiego wątku historii firmy Pratt & Whitney Rzeszów S.A. z uwzględnieniem historii produkcji silników lotniczych na potrzeby cywilne i wojskowe, a także aktualny asortyment firmy. W dalszej części bazując na raportach IFR, opisano historyczny i aktualny stan robotyzacji przemysłu. Część rozdziału dotycząca motywacji zawiera informacje o karierze zawodowej doktoranta, jego zainteresowaniach i aktywnościach (dydaktycznych i naukowych). Opis genezy problemu przedstawia złożoność procesów technologicznych oraz wskazuje na koszty wynikające z wad powstałych w trakcie produkcji. Na tej podstawie opracowany został cel i zakres pracy zdefiniowany jako opracowanie metodyki, wykonanie weryfikacji oraz wdrożenie rozwiązań.

Rozdział 2 zawiera przegląd aktualnego stanu wiedzy na temat metod spawania, kontroli jakości spoin oraz systemów nadzoru procesu spawania i systemach adaptacji trajektorii ruchu robotów. W zakresie procesów technologicznych spawania skupiono się głównie na przemyśle lotniczym. Dla procesów nadzoru opisano zastosowania bazujące na sztucznych sieciach neuronowych.

Rozdział 3 stanowi jedną z zasadniczych części pracy. Przedstawiono tam przyjętą metodykę postępowania. Szczegółowo przeanalizowano elementy systemu, zdefiniowano źródła informacji o procesie technologicznym oraz zidentyfikowano parametry procesu. Szczegółowo opisano proces technologiczny pod kątem elementów związanych z systemem weryfikacji i kompensacji położenia ścieżki spawania, kalibracji układu narzędzia, systemu korekcji odległości elektrody oraz dystrybucji gazu ochronnego.

W rozdziale 4 zawarto opis analizy danych procesowych oraz klasyfikacji stanów wejściowych. W analizie uwzględniono parametry kalibracyjne i kompensacyjne. Rozważaniom poddano wartości kompensacji parametrów w różnych punktach, napięcie i natężenie spawania, przepływ gazu ochronnego, prędkość spawania oraz przyspieszenia. Dokonano klasyfikacji wad i niezgodności spoin.

Rozdziały 5 zawiera opis dwóch metod analizy poprawności wykonania procesu spawania. Pierwsza z nich związana jest z przeprowadzeniem analizy statystycznej. Wybrane wskaźniki zostały zestawione z klasyfikacją wad i niezgodności co pozwoliło wyznaczyć charakterystykę określającą poprawność/niepoprawność procesu technologicznego. Drugie podejście wykorzystuje sztuczne sieci neuronowe do weryfikacji poprawności procesu. Szczegółowo opisano proces przygotowania danych, uczenia sieci oraz weryfikacji. Na tej podstawie dokonano wyboru najskuteczniejszego rozwiązania.

Rozdział 6 to opis końcowego etapu prac, zawierający informacje o implementacji zastosowanego podejścia na stanowisku produkcyjnym.

Podsumowując, struktura pracy jest poprawna. Szczegółowo przedstawiono metodykę badań, a wyniki skomentowano przedstawiając wnioski wynikające z dyskusji nad rezultatami badań.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

W pracy poruszono ważne zagadnienia związane z robotyką oraz procesami technologicznymi wspomaganymi przez systemy zrobotyzowane. Na uwagę zasługuje użyteczny charakter pracy. Wszystkie przedstawione zagadnienia naukowe wykorzystano w praktycznej aplikacji. Warto również docenić naukową część rozprawy. Z założenia, forma oraz zakres prac wymagają wdrożenia. W tym przypadku autor oparł się na naukowym podejściu, stosując metodykę badań naukowych. Każda z części pracy opiera się o schemat: pomysł, założenia, realizacja, weryfikacja. Realizując poszczególne etapy doktorant wykazał się znajomością zagadnień z wielu dziedzin, takich jak: robotyka, technologia, sensoryka, programowanie, przetwarzanie sygnałów, statystyka czy sztuczna inteligencja. Umiejętnie połączył wiedzę teoretyczną z wymienionych powyżej zagadnień z praktyczną aplikacją w systemie zrobotyzowanego spawania. Oceniając treść pracy należy stwierdzić, że poszczególne zagadnienia związane z częścią naukową są znane i od lat wykorzystywane w różnych dziedzinach nauki i techniki. Wartością pracy jest natomiast umiejętność połączenia tych zagadnień, które w rezultacie prowadzi do opracowania autorskiej koncepcji systemu oceny oraz rozwiązuje konkretny problem techniczny. Wymaga to od autora umiejętności integracji różnych technik oraz poprawnego wnioskowania na podstawie otrzymanych wyników. W mojej opinii zadanie to zostało wykonane poprawnie. Pewien niedosyt pozostawia brak rozważań nad uniwersalnością metody. Z założenia może być ona stosowana do różnych procesów (np. zgrzewania czy nitowania), gdzie oczywiście będzie konieczna analiza innych danych procesowych. Autor pominął jednak badania nad ilościowym opisem metody w zakresie np. minimalnej liczby parametrów procesowych niezbędnych do uzyskania zadawalających wyników oceny oraz przedziałów ufności uzyskanych rezultatów. Pytanie dotyczące tej kwestii zostało zawarte w części „Uwagi krytyczne”.

W mojej opinii do najważniejszych osiągnięć pracy można zaliczyć:

- Opracowanie oryginalnej koncepcji umożliwiającej ocenę stanu stanowisk produkcyjnych w kontekście parametrów jakościowych produktu końcowego
- Implementację zaproponowanego podejścia na rzeczywistym stanowisku zrobotyzowanym.

Mając na uwadze wdrożeniowy charakter pracy, należy stwierdzić, że rozprawa doktorska mgra inż. Marka Uliasa pokrywa swoim zakresem założenia projektu „Doktorat Wdrożeniowy”, którego głównym celem jest kształcenie doktorantów we współpracy z zatrudniającymi ich przedsiębiorcami albo innymi podmiotami, a efektem prac będzie wdrażanie w tych podmiotach wyników prowadzonej przez doktorantów działalności naukowej.

4. Uwagi krytyczne

Analizując treść rozprawy nasunąć mogą się pewnie uwagi oraz pytania. Są to:

1. Opracowana metoda dedykowana jest pewnej klasie systemów. Jak wynika z treści pracy jest ona uniwersalna i może być stosowana do innych niż przedstawionego procesu technologicznego. Nie podano jednak jakie warunki musi spełniać proces/system w zakresie ilości parametrów oraz jakości danych aby można było w sposób bezpośredni zaimplementować opisaną metodykę.
2. Pewne założenia dotyczące wartości granicznych, które są kluczowe z punktu widzenia jakości zostały niewystarczająco wyjaśnione. W przypadku wartości granicznej kalibracji założono przedział +/- 0,5mm. Należy wyjaśnić na jakiej podstawie określono te wartości i jak ich zmiana może wpłynąć na jakość wyników.
3. W niektórych przypadkach interpretacja wyników wymaga wyjaśnień. W rozdziale 4.1.3 autor stwierdza, że przedstawione przebiegi można ocenić jako bardzo stabilne. Nie wyjaśniono jakie jest kryterium czy też założenia pozwalające na takie stwierdzenie. Powyższe powinno być uzasadnione w sposób ilościowy.

Błędy edytorskie:

1. Strona 3 – „... obecnie na świeci.”
2. Strona 59 – na rysunku 4.19 wyskalowano oś pionową w jednostkach mm/s podczas gdy w tekście na stronie 58 zadeklarowano, że przebieg ten odnosi się do wartości przyspieszeń.
3. Brak oznaczeń osi na rysunkach w rozdziale 5.1. Przedstawione charakterystyki statystyk powinny być wyskalowane w prawidłowych jednostkach (np. odchylenie powinno być wyrażone w tych samych jednostkach co wartości badanej cechy, wariancja powinna być wyrażona w jednostkach miary badanej cechy podniesionych do kwadratu, itd).
4. W rozdziale 5.1 brak informacji o wielkości analizowanej grupy części produkcyjnych.

Powyższe uwagi nie wpływają na ocenę merytoryczną pracy doktoranta. Pozostałe wyniki prac przedstawione są prawidłowo, a wszystkie wnioski odnoszą się bezpośrednio do rezultatów badań są sformułowane poprawnie. Postawione powyżej pytania mają charakter dyskusyjny, a ich celem jest wskazanie problemów, których można będzie uniknąć w przyszłych pracach badawczych.

5. Wnioski końcowe.

Rozprawa doktorska autorstwa mgra inż. Marka Uliasa dotyczy ważnego i aktualnego problemu badawczego w zakresie oceny poprawności zrobotyzowanego procesu technologicznego.

Wyniki prac mogą znaleźć zastosowanie w praktyce co oprócz wartości naukowej stanowi o użytecznym charakterze badań. Praca zawiera istotne z punktu widzenia naukowego wnioski, poparte wynikami uzyskanymi na rzeczywistym obiekcie.

W mojej opinii, praca doktorska pt. **„Opracowanie metodyki oceny stanu zrobotyzowanych stanowisk i ich zdolności do realizacji procesów technologicznych przy uwzględnieniu urządzeń i czynników mających na nie wpływ”** autorstwa mgra inż. Marka Uliasa spełnia warunki stawiane względem dysertacji doktorskiej, dla których wymagania określono w ustawie o stopniach i tytułach naukowych (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r.).

Rozprawa może być dopuszczona do publicznej obrony i stanowić podstawę do nadania mgr. inż. Markowi Uliaszowi stopnia naukowego doktora nauk technicznych.