

Dr hab. inż. Tomasz Rymarczyk, prof. Uczelni
Lubelska Akademia WSEI
Wydział Transportu i Informatyki
Projektowa 4
20-209 Lublin
e-mail: tomasz@rymarczyk.com

Lublin, 15.11.2022

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. Grzegorza Piecucha, pt.

**„Zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej w diagnostyce elementów maszyn CNC i
wybranych procesów technologicznych”**

Recenzja niniejsza została opracowana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Rzeszowskiej z dnia 14 września 2022 roku.

1. Temat, zakres i cel rozprawy

Recenzowana praca doktorska dotyczy zastosowanie algorytmów inteligencji obliczeniowej w zagadnieniach przemysłowych takich jak diagnozowanie stanu maszyn i procesów technologicznych. Przeprowadzono badania na autorskim stanowisku pomiarowym i w ramach realizacji projektu badawczego. W wyniku prowadzonych prac zbudowana została baza pomiarowa, którą wykorzystano do oceny przydatności konwencjonalnych i dedykowanych algorytmów.

Głównym celem pracy było opracowanie rozwiązań informatycznych opartych na algorytmach inteligencji obliczeniowej dla wybranych problemów przemysłowych w zakresie diagnozowania stanu maszyn i procesów przemysłowych.

W P Ł Y N Ę Ł O

1
POLITECHNIKA RZESZOWSKA 17. LIS. 2022
im. Ignacego Łukasiewicza
WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI I INFORMATYKI
35-959 Rzeszów, ul. W. Pola 2
tel. 17 865 1289, 1764

Zostały przeanalizowane algorytmy uczenia maszynowego. Dokonano oceny jakości układów diagnostycznych. Wykonano analizę przydatności konwencjonalnych i nowych algorytmów oraz opracowano metody diagnozowania stanów awaryjnych wybranych części maszyn oraz procesów technologicznych.

Badania były realizowane na odpowiednio przygotowanych maszynach i stanowiskach badawczych.

Rozprawa składa się z 7 rozdziałów. W pierwszej części będącej wstępem do dysertacji został określony cel i teza pracy oraz został wykonany przegląd aktualnego stanu wiedzy w zakresie zastosowań metod inteligencji obliczeniowej w diagnostyce elementów maszyn. W rozdziale drugim opisane zostały algorytmy uczenia maszynowego, które wykorzystano w dalszej części pracy. Trzeci rozdział obejmuje dobór metod klasyfikacyjnych i regresyjnych do odpowiednio podstawionych problemów badawczych w zakresie diagnostyki oraz ich oceny. Ideę architektury systemu diagnostycznego w warstwie sprzętowej i programowej przedstawia rozdział 4. Kluczowymi elementami w pracy są rozdziały 5 i 6. W rozdziale 5 przedstawiono diagnostykę wybranych elementów maszyn w zakresie prognozowanie zużycia narzędzia w procesie frezowania oraz diagnozowanie zjawiska niewyważenia na bazie autorskiego stanowiska wibro-diagnostycznego. Natomiast w rozdziale 6 skupiono się na diagnostyce wybranych procesów technologicznych. Całość kończy się podsumowaniem i wnioskami końcowymi.

Rozprawa liczy 179 stron, w pierwszej części ujęto opis pracy doktorskiej wraz z podsumowaniem. Natomiast w dalszej części przedstawiono stanowiska badawcze, analizę doboru technologii i materiałów, proces frezowania i plany dalszych prac. Całość kończy wykaz literatury, rysunków i tabel.

2. Ogólna ocena pracy

Rozprawa doktorska mgr. Grzegorza Piecucha została przygotowana na wysokim poziomie merytorycznym. Podjęta tematyka wymagała dobrej znajomości zagadnień informatycznych, matematycznych i technologicznych.

Autor podjął się opracowania badań dotyczących zastosowanie algorytmów inteligencji obliczeniowej do diagnozowania wybranych procesów technologicznych. W celu rozwiązania postawionego problemu Doktorant dokonał wnikliwego przeglądu metod inteligencji obliczeniowej, co zaowocowało opracowaniem odpowiednich narzędzi informatycznych oraz architektury systemu diagnostycznego.

Przedstawione rozwiązanie polegało na implementacji aplikacyjnej technologii, przeprowadzeniu własnych eksperymentów badawczych i przygotowaniu baz danych pomiarowych z rzeczywistych obiektów przemysłowych i autorskiego stanowiska laboratoryjnego. Pozwoliło to na uzyskanie efektywnych metod diagnozowania stanów awaryjnych wybranych części maszyn oraz procesów technologicznych.

Tematyka podjęta przez Doktoranta jest dosyć szeroka, wymaga dużej wiedzy teoretycznej z zakresu różnych dyscyplin naukowych oraz umiejętności przeprowadzania złożonych eksperymentów.

Zastosowanie technik uczenia maszynowego umożliwiło ocenę przydatności konwencjonalnych i nowych metod klasyfikacji dla opracowanych procesów technologicznych i oceny kryteriów jakości układów diagnostycznych. Poprzez przeprowadzenie własnych eksperymentów Doktorant dokonał estymacji żywotności narzędzia frezującego, przeprowadził klasyfikację stanu niewyważenia układu napędowego przy wykorzystaniu sieci neuronowych, opracował metodę diagnozowania procesu z wykorzystaniem drzew decyzyjnych. Duże znaczenie dla przeprowadzonych badań i opracowanych metod miała przygotowana autorska baza pomiarowa.

Doktorant podjął się interesującej i ciągle pełnej wyzwań tematyki badawczej. Udowodnił, że doskonale radzi sobie z wykonywaniem badań i rozwiązywaniem zagadnień technologicznych w postawionym problemie naukowym. Przedstawiony cel pracy jak i postawione tezy zostały odpowiednio sformułowane, a ich realizacja i dowód nie budzą zastrzeżeń.

Doktorant wykazał się dużą znajomością zagadnień z zakresu prowadzonych badań. Opracowane rozwiązania pozwalają na zwiększenie efektywności i predykcji w diagnostyce pracy maszyn.



Układ pracy jest prawidłowy i nie wymaga żadnych zmian.

Opracowane autorskie rozwiązania stanowią istotny wpływ Doktoranta w rozwój dyscypliny naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja.

3. Uwagi i pytania natury ogólnej

Problem nazewnictwa metod w języku polskim w dużej mierze zależy od autorów, którzy jako pierwsi wprowadzali odpowiednie tłumaczenie z języka obcego. Czasami stosowane są różne nazwy, nie mniej jednak proponuję stosować nazewnictwo ogólnie przyjęte, np. SVM jako maszynę wektorów nośnych.

Zakłada się, że wektory, macierze czy skalary powinny być odróżnialne w tekście naukowym. Symbole we wzorach powinny być takie same jak w tekście i jednolite w całej pracy. Np. we wzorach nazwy funkcji/macierzy powinny być pisane antykwą, a zmienne kursywą. W pracy doktorskiej w tym zakresie występują pewne niedoskonałości.

1. Czy do analiz danych Doktorant używał gotowych algorytmów, czy modyfikował je wprowadzając określone zmiany?
2. Dlaczego do procesu technologicznego zostały użyte określone metody wskazane w pracy? Co były kryterium doboru? Dlaczego np. nie zastosowano regresji logistycznej, probitowej, czy elastic net?
3. Czy przy doborze algorytmów do analizy danych pomiarowych badana (weryfikowana) była ich efektywność w zakresie wpływu poszczególnych parametrów na ich jakość?
4. Doktorant przygotował częściowo oprogramowanie w środowisku Matlab, a częściowo w Pythonie. Dlaczego nie zostało to wykonane w jednym środowisku programistycznym? Czy do wyszukiwania szeregów czasowych w Pythonie. wykorzystano gotowe rozwiązanie programistyczne?



5. Czy osiągnięte wyniki: diagnozowanie procesu wytłaczania - dokładność 97,58% i klasyfikacja niewyważenia układu napędowego - dokładność 100% zostały zweryfikowane z innymi danymi lub innymi metodami?
6. Jaki wpływ ma szum w pomiarach na efektywność uczenia się algorytmów i osiągnięte wyniki?
7. Na jakiej podstawie Doktorant stwierdził, że metody głębokiego uczenia „nie są rekomendowane w problemie diagnozowania procesu wytłaczania”. Co oznacza, że czas ich uczenia jest niewspółmierny do osiągniętych rezultatów. Czy analizował Doktorant możliwość zastosowanie transfer learningu? Czy brane były pod uwagę inne algorytmy głębokiego uczenia, poza LSTM, 1D-CNN, w tym możliwość hybrydowego ich łączenia? Sieci LSTM i hybrydowe konstrukcje dosyć dobrze analizują dane pomiarowe.

4. Uwagi szczegółowe

Praca została przygotowana bardzo starannie, nie mniej jednak jest kilka drobnych niedociągnięć elementów redakcyjnych i nieściśłości merytorycznych:

- a) Oznaczenia macierzy, wektorów, zmiennych, stałych we wzorach nie są precyzyjne i jednoznaczne w pracy, np. na stronie 24 wektor x jest opisany kursywą, natomiast na stronie 27 wektor x jest już oznaczony pogrubieniem. Oznaczenie stałych, zmiennych, funkcji i wektorów często jest podobne (takie same), np. strony 29-31 (wszystkie symbole we wzorach oznaczone kursywą), a czasami tak nie jest, np. strona 32 (wektory oznaczone dużymi literami i pogrubione).
- b) Strona 33, wzór (2.30) jest niekompletny.
- c) Brak odwołania w tekście do rysunku 4.2.4.
- d) Na stronie 100 są odwołania do rys. 5.2.2 i 5.2.3, których nie ma pracy.
- e) Brak odwołania do rysunków A.5.1 i A.5.2.
- f) Brak odwołania w tekście do rysunku B.1.2.

Zamieszczone powyżej uwagi mają głównie charakter porządkowy i nie wpływają na wysoką ocenę merytoryczną pracy. Treść rozprawy doktorskiej odpowiada tematowi pracy, układ i treść rozdziałów są prawidłowe.

5. Podsumowanie

Opiniowana rozprawa spełnia wymagania określone w ustawie.

Praca stanowi samodzielne rozwiązanie problemu naukowego dotyczącego implementacji metod inteligencji obliczeniowej w diagnostyce elementów maszyn CNC i określonych procesów technologicznych poprzez opracowanie autorskich rozwiązań. Szczególne znaczenie ma wymiar praktyczny wykonanych badań.

Autor wykazał się odpowiednią znajomością tematyki przedstawionej w rozprawie.

W świetle przepisów Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (t.j. Dz. U. z 2017 r., poz. 1789 z późn. zm.) oraz rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. Grzegorza Piecucha pt. „Zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej w diagnostyce elementów maszyn CNC i wybranych procesów technologicznych” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i wnioskuję o dopuszczenie rozprawy do publicznej dyskusji i obrony.



Tomasz Rymarczyk