

<b>POLITECHNIKA OPOLSKA</b> <b>WYDZIAŁ MECHANICZNY</b> <b>Katedra Technologii Maszyn i Materiałoznawstwa</b>	
<b>Prof. dr hab. Grzegorz KRÓLCZYK</b>	ul. Mikołajczyka 5, 45-271 Opole tel. (77) 449 84 61, fax (77) 449 99 27 e mail: g.krolczyk@po.edu.pl

Opole, 25.09.2024 r.

## Recenzja

---

rozprawy doktorskiej mgra inż. Przemysława RUMINA pt.

***„Wspomaganie utrzymania i obsługi taśmociągów za pomocą sztucznej inteligencji oraz wydajnych algorytmów analitycznych”***

Podstawą opracowania recenzji jest pismo o numerze RIE-BD.512.30.2024 Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej prof. dr hab. inż. Andrzeja Rusina z dnia 8 sierpnia 2024 roku.

### **1 Charakterystyka rozprawy doktorskiej**

Tematyka pracy poświęcona jest zagadnieniom związanym z wspomaganie za pomocą sztucznej inteligencji utrzymania taśmociągów. Analizowany w pracy taśmociąg jest integralną częścią procesu transportu, zapewniając wydajny środek transportu. Taśmociąg zapewnia płynny transport materiałów z jednego punktu do drugiego w fabryce w Chinach. Niezawodność przenośników taśmowych ma kluczowe znaczenie, ponieważ ma bezpośredni wpływ na wydajność, a tym samym koszty produkcji. W tym kontekście ważne są działania o charakterze aplikacyjnym bazujące na danych z systemu. Tymi działaniami może być wykrywanie anomalii pracy urządzeń oraz monitorowanie procesów produkcyjnych z wykorzystaniem sztucznej inteligencji. Nowoczesne, dostosowane do danej aplikacji

systemy zbierają dowolnie wybrane dane i parametry z urządzeń wyposażonych w dedykowane czujniki. Dane te są analizowane przez systemy sztucznej inteligencji i analizowane w sposób mogący przekazać wiarygodne analizy obsłudze.

Recenzowana dysertacja dotyczy nowej koncepcji utrzymania przenośników taśmowych do transportu materiałów sypkich. Praca ma charakter wdrożeniowy, jest metodycznym studium przypadku i ma na celu zidentyfikowanie i opracowanie rozwiązań zwiększających niezawodność oraz minimalizację ryzyka awarii. Zainteresowania Doktoranta skupiają się na kwestii badań istniejącego systemu transportowego jako przedmiot szczegółowych rozważań naukowych. Doktorant stosuje nowoczesne i zaawansowane oprogramowanie do analizy oraz wykorzystuje narzędzia koncepcji Przemysłu 4.0. Doktorant ma bardzo nowoczesny warsztat naukowy dzięki któremu pracuje na algorytmach sztucznej inteligencji i cyfrowym bliźniaku. Projekty tego typu związane są z zaangażowaniem dużych środków finansowych a co się z tym wiąże wszelkie poprawy realizacji poprzez relatywnie tanie analizy teoretyczne tych projektów wiążą się zazwyczaj z bardzo dużymi oszczędnościami. Takie podejście ogranicza błędy od strony merytorycznej oraz powoduje odpowiednie wykorzystanie zasobów ludzkich. Recenzowana praca to metodyczny, uporządkowany sposób postępowania, który charakteryzuje się pewnym sformalizowaniem i konsekwencją w działaniu, stopniowe zdobywanie doświadczenia oraz minimalizacja intuicji.

W tym kontekście Doktorant podjął się niewątpliwie trudnego zadania jakim są interdyscyplinarne badania na modelu rzeczywistym, zgodnym z koncepcją Przemysłu 4.0. Doktorant przedstawił analizy oparte na studium przypadku jakim jest taśmociąg zamontowany w Chinach. Działania na rzeczywistym modelu charakteryzują się dużymi możliwościami ale jednocześnie stawia to przed nami szereg ograniczeń. Recenzowana dysertacja, w której Autor przedstawił własne, autorskie badania i analizy pomiarów mieszczą się w zasadniczym nurcie współczesnych kierunków interdyscyplinarnych badań inżynierskich z obszaru inżynierii środowiska oraz inżynierii mechanicznej. Liczący się w Polsce i na świecie ośrodek Politechniki Śląskiej wnosi twórczy i widoczny wkład, m. in. w rozwój nauk technicznych ze szczególnym uwzględnieniem inżynierii środowiska. Inicjatywy i prace naukowe profesorów Politechniki Śląskiej są z powodzeniem rozwijane przez ich uczniów i są doskonale znane w środowisku zainteresowanych specjalistów. Recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Przemysława Rumina powstała więc na starannie przygotowanym i w wysokiej kulturze utrzymywanym gruncie wcześniejszego rozpoznania merytorycznego i metodycznego wydzielonego obszaru nauk technicznych. Doktorant mgr inż. Przemysław Rumin w swojej rozprawie doktorskiej zajął się bardzo ciekawą a przede

wszystkim unikalną i trudną tematyką wdrożeniową. Autor przedstawił wiele analiz oraz kompleksowo opracował poszczególne elementy składowe całego projektu wdrożeniowego wykorzystując do tego nowoczesne narzędzia informatyczne.

Wymienione wyżej okoliczności potwierdzają trafność i sensowność wyboru tematyki badawczej. Uzasadnieniem wspomnianej trafności wyboru jest nie tylko sam fakt usytuowania pracy na szerszym tle ogólnoswiatowych badań naukowych, ale również to, że podejmowana w rozprawie doktorskiej tematyka jest unikalna i zarazem w przedstawionym zakresie niepowtarzalna, natomiast jej poszczególne składowe charakteryzują się niewątpliwie utylitarnym charakterem.

**Strukturę rozprawy** stanowi spis treści, jedenaście numerowanych rozdziałów, w tym cel i zakres pracy, wprowadzenie wraz z wprowadzeniem w tematykę badawczą, metodyka badawcza i zakres wykonywanych prac, rozdziały dotyczące: obliczeń analitycznych oraz modelu wraz z architekturą systemu, wyników badań analitycznych, przewidywania ryzyka awarii, oraz podsumowania i wniosków, na końcu znajduje się część w której znajduje się wykaz rysunków, tabel i użytej literatury. Układ pracy jest odpowiedni natomiast zbyt rozbudowany moim zdaniem na niepotrzebnie mniejsze podrozdziały. **Tytuł dysertacji** jest zgodny z jej treścią. W rozdziale w którym Autor przedstawia **Cele i zakres pracy** Autor użył sformułowania, że praca koncentruje się na bardzo długich przenośnikach, pisząc w ten sposób oczekuje się podania skwantyfikowanych wartości, jaka długość przenośnika kwalifikuje się aby nazwać przenośnik długim? **Wprowadzenie** napisane jest przekonująco oraz w jasny sposób. Do tej części mam pewne uwagi: praca nie dotyczy wyłącznie przenośników taśmowych, a sam transport przenośnikami nie jest bezemisyjny. Ponadto brak danych szczegółowych dotyczących ankiet: do kogo zostały skierowane? Do osób z jakim doświadczeniem? W zależności od grupy ankietowanych będą zależały odpowiedzi. W drugim rozdziale dysertacji Autor przedstawił koncept Przemysłu 4.0 wraz opisem cyfrowego bliźniaka i profilaktyki awarii. Kolejne rozdziały dotyczą opisu badanego przenośnika, zbierania danych oraz tworzenia modelu. Te rozdziały to ciekawa i obszerna **analiza stanu zagadnienia** z zakresu podjętej tematyki. Autor w niektórych miejscach pracy używa kolokwializmów a niektóre słowa mają charakter potocznego języka w przemyśle. Do tej części mam kilka uwag: model nie powinien być zależny od klienta ale od danych dostarczonych przez klienta. Rys 5.1 nie jest modelem ale bardzo wstępnymi założeniami współpracy z klientem. W opisanym przypadku model przenośnika powinien być nazwanym cyfrowym prototypem w odniesieniu do modelu CAD.

**Kolejną część rozprawy** przedstawiają rozdziały od szóstego do dziewiątego w których znajdują się modele numeryczne związane z projektowaniem, obliczenia analityczne oraz architektura systemu wraz z cyfrowym bliźniakiem. Rozdział dziesiąty to przewidywanie ryzyka awarii. **Zasadniczą część rozprawy** stanowią rozdziały siódmy i dziesiąty przedstawiające wyniki badań własnych. Rozdziały te stanowią właściwą bazę wiedzy. Całość pracy ułożona jest zasadniczo w poprawny z metodologicznego punktu widzenia ciąg, układ tej części rozprawy oceniam jako logiczny, choć mam pewne uwagi szczegółowe. Wczytując się w pracę można zaobserwować pewne błędy, w całej zresztą zdarzają się tzw. „literówki” czy slogany, nie jest ich natomiast dużo i nie powoduje to sytuacji w której pracę czyta się trudno, praca została sprawdzona dostatecznie szczegółowo przed ostatecznym wydrukiem. W tej części należy zauważyć, że przewidywanie ryzyka awarii nie jest jedynie domeną czwartej rewolucji a szerszą koncepcją niezawodności. Do tej części mam także inne uwagi: z modelu przedstawionego na rysunku 10.24 można zaobserwować znaczącą różnicę pomiędzy samym modelem dopasowanym a tym niedopasowanym. Jak Autor tłumaczy większe koszty wynikające z wymiany rolek po 7000 dni pracy na korzyść modelu niedopasowanego?

**Podsumowanie i wnioski**, sformułowane na końcu pracy są interesujące i istotne z praktycznego punktu widzenia, natomiast przedstawione są w sposób uproszczony, ponieważ w niektórych punktach wydają się być raczej obserwacyjne niż przedstawiające wartości naukowe. Wnioski nie zostały przedstawione w sposób inżynierski, brak jest podziału na te o charakterze naukowym i użytecznym oraz brak jest skwantyfikowanych wartości z badań wraz z podaniem oczywistych ograniczeń, zwłaszcza tych dotyczących rzeczywistego przenośnika.

**Wykaz literatury** zamieszczony w końcowej części pracy jest bardzo dobrze wykonany. Literatura jest sformatowana w sposób jednolity a znaczna część literatury to publikacje w znaczących czasopismach naukowych. Pozycje literaturowych jest dokładnie 101, część to strony internetowe lecz jednak większość to pozycje anglojęzyczne. Przy powoływaniu się na strony internetowe konieczne jest podanie daty dostępu do tych stron, czego Autor nie zrobił, a co może mieć istotne znaczenie gdy używa się kontrowersyjnych stwierdzeń.

## **2 Ocena rozprawy doktorskiej**

Przedstawioną rozprawę ocenić należy w dwóch aspektach: merytorycznym i edytorskim. Zaczynając od tego drugiego należy stwierdzić, że Autor posługuje się zasadniczo poprawnym językiem, słowa dobrane są w sposób przemyślany i ze zrozumieniem treści jakie

ze sobą niosą, aczkolwiek w pracy zdarzają się slogany, typowe zazwyczaj dla osób pracujących w przemyśle. Rysunki wykonane są prawidłowo oraz wplecione są umiejętnie w całość, poza rysunkami 3.2 i 3.3 których jakość jest niewystarczająca. Wczytując się natomiast w treść można dostrzec pewne drobne niedociągnięcia literowe i stylistyczne, natomiast jest ich relatywnie mało. To sprawia, że zapoznawanie się z zawartością rozprawy bywa stosunkowo łatwe. Pewnym minusem jest także fakt, że Autor stosuje tzw. teksty wiszące, czyli teksty znajdujące się np. pomiędzy tytułem rozdziału głównego, a tytułem podrozdziału. Zasady edytorskie stanowią, że przy numeracji cyfrowej wielorzędowej np. po tytule rozdziału głównego powinien od razu następować tytuł podrozdziału a tuż np. po tytule podrozdziału powinien być tytuł podrozdziału kolejnego. itd. Między nimi nie powinno być żadnych tekstów (zwanymi wiszącymi). Teksty te to z reguły ogólne wprowadzenia do rozdziałów, omówienia czy streszczenia. Jeżeli tekst wiszący jest cennym i niezbędnym wprowadzeniem do tematu – powinien mieć swój numer i tytuł. Autorowi zdarza się mylić takie stwierdzenia jak niski/mały czy wysoki/duży.

Przedstawiona analiza rozprawy zawiera wystarczające moim zdaniem przesłanki do sformułowania oceny. Treść rozprawy jest zgodna z tematem zaakceptowanym przez Radę Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej. Podjęty temat jest ważny zarówno z poznawczych, jak i praktycznych względów i opracowany został w sposób prawidłowy z merytorycznego punktu widzenia. Podane wyżej omówienie wyników recenzowanej dysertacji pokazuje jak obszerny zakres prac wykonany został przez Doktoranta. Jego praca jest samodzielna, co świadczy o dojrzałości naukowej i dużym już doświadczeniu w prowadzeniu prac badawczych. Pod względem metodycznym rozprawa jest poprawna. Literatura specjalistyczna natomiast została dobrana w sposób odpowiedni a Doktorant ułożył pracę na tle innych, światowych już zrealizowanych badań. Układ rozprawy i podział treści między poszczególnymi rozdziałami jest logiczny, choć moim zdaniem, można by go nieco zmodyfikować wykorzystując podane przeze mnie wcześniej sugestie. Zbiór pojęć, jakimi posługuje się Autor, jest na ogół poprawny. Zdarzają się natomiast stylistyczne niedociągnięcia czy kolokwializmy, ale raczej wynikające z praktycznej strony pracy. Strona ilustracyjna pracy jest bez większych zastrzeżeń, poza kilkoma rysunkami o których napisałem powyżej. Redakcja rozprawy zaś wykazuje pewne niedociągnięcia. W dostarczonym do recenzji egzemplarzu stwierdziłem szereg błędów korektorskich, stylistycznych, gramatycznych i drobnych nieścisłości. Zazaczyłem to w tekście, niektóre z nich przedstawiłem powyżej. Na podkreślenie natomiast zasługuje to, że

Autor w swojej pracy wykorzystał nowoczesne i zaawansowane oprogramowanie a projekt ma charakter doktoratu wdrożeniowego.

Warunkiem dysertabilności rozprawy doktorskiej jest jej związek z problemem poznawczym lub metodologicznym bezpośrednio lub pośrednio wpływającym na stan wiedzy. W przypadku recenzowanej rozprawy warunek ten jest spełniony pod względem pierwszego z wymienionych aspektów, co wykazałem w analizie rozprawy. Rozprawa jest w wystarczającym stopniu poprawna metodologicznie, gdyż zawiera elementy, które w metodologii nauk określa się jako etapy badania naukowego.

Przedstawioną do oceny rozprawę oceniam pozytywnie jako pracę wartościową, zawierającą bardzo bogaty materiał. Podsumowując stwierdzam, że rozprawa:

- spełnia wymóg oryginalnego rozwiązania przez Autora zagadnienia naukowego,
- spełnia wymóg wykazania Jego ogólnej wiedzy teoretycznej w uprawianej dyscyplinie,
- wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia przez Autora pracy naukowej.

### **3 Wniosek końcowy**

Analizując przedstawioną do oceny rozprawę doktorską stwierdzam, że:

- tematyka pracy została wybrana w sposób właściwy, a jej zakres spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim,
- rozprawa dotyczy aktualnej wiedzy i praktyki, wnosząc nowe treści,
- struktura i formalny układ pracy jest poprawny,
- cele pracy zostały osiągnięte w zakresie przyjętym przez Autora,
- treść rozprawy stanowi zamkniętą całość będąc dokumentacją z badań własnych.

Całość oceny rozprawy doktorskiej mgra inż. Przemysława RUMINA pt. „Wspomaganie utrzymania i obsługi taśmociągów za pomocą sztucznej inteligencji oraz wydajnych algorytmów analitycznych” umożliwia sformułowanie wniosku o spełnieniu warunków określonych ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r., poz. 742, z późn. zm.) w dyscyplinie naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka wg klasyfikacji określonej w Rozporządzeniu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 11 października 2022 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych i wnoszę o dopuszczeniu jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Naukowej „Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka” Politechniki Śląskiej.

Gregor 