

dr hab. inż. Jarosław Konieczny, prof. AGH
Katedra Automatyzacji Procesów
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30, H-B1B2, I p., pok.108.4
jaroslaw.konieczny@agh.edu.pl

Kraków, 14. 02.2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Jerzego Jagody
pt. „Opracowanie oraz walidacja algorytmu trasowania sieci sensorycznych,
z zastosowaniem inteligencji roju”

1. Przedstawienie podstawowych danych o kandydacie:

- a. data uzyskania tytułu magistra oraz nazwa jednostki organizacyjnej, w której ten tytuł został nadany

4 grudnia 2007 r., Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej

- b. informacja czy Kandydat ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora w tym - o ile wynika to z dokumentacji sprawy - informacje o przebiegu i zakończeniu wcześniejszego postępowania

Według dostarczonej dokumentacji Kandydat nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora w żadnej jednostce naukowej.

- c. przebieg pracy naukowo-zawodowej (miejsce pracy zajmowane stanowiska)

- ♦ przebieg pracy naukowo-zawodowej w trakcie trwania studiów doktoranckich:
 - wrzesień 2020 - obecnie starszy specjalista ds. projektowo-badawczych, ITG Komag, Gliwice, Polska,
- ♦ przebieg pracy naukowo-zawodowej przed rozpoczęciem studiów doktoranckich:
 - wrzesień 2006 - wrzesień 2008 projektant-programista, Digital Core Design, Bytom, Polska,
 - październik 2008 - marzec 2009 programista, EkoBud, Bytom, Polska,
 - kwiecień 2009 - wrzesień 2014: konstruktor, ITG Komag, Gliwice, Polska,
 - październik 2014 - sierpień 2020: specjalista ds. projektowo-badawczych, ITG Komag, Gliwice, Polska.

2. Przedstawienie informacji o ocenianej rozprawie doktorskiej:

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Jerzego Jagody została zrealizowana w Politechnice Śląskiej na Wydziale Mechanicznym Technologicznym – pod opieką promotora dr. hab. inż. Mariusza Hetmańczyka, prof. PŚ.

Podstawą opracowania recenzji jest uchwała nr 96/2024 Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej z dnia 23.10.2024 r. oraz umowa na wykonanie Recenzji pomiędzy Politechniką Śląską a Recenzentem. Zamawiający powierza wykonanie recenzji dotyczącej spełnienia przez rozprawę doktorską warunków określonych w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Biurow Dziekana

Wynięto dnia 18.02.2025
203 Me 1921 511 2025
zał.

a. ocena układu rozprawy doktorskiej – informacja o jej poszczególnych częściach składowych oraz ocena zastosowanego piśmiennictwa,

Tak, treść pracy ściśle koresponduje z jej tytułem: „Opracowanie oraz walidacja algorytmu trasowania sieci sensorycznych, z zastosowaniem inteligencji roju”. Praca dotyczy projektowania, implementacji oraz testowania algorytmów trasowania w sieciach sensorycznych z wykorzystaniem metod inspirowanych inteligencją roju. Analiza stanu wiedzy, wprowadzenie oraz część badawcza koncentrują się na tych zagadnieniach.

Praca ma dobrze przemyślaną strukturę, co ułatwia jej czytanie i zrozumienie:

- Rozdział 1 przedstawia genezę problemu, cel i zakres pracy.
- Rozdział 2 zawiera przegląd istniejących technologii i systemów monitorowania.
- Rozdział 3 dotyczy algorytmów trasowania, zawierając zarówno aspekty teoretyczne, jak i testy symulacyjne.
- Rozdziały 4 i 5 obejmują opracowanie i implementację algorytmu oraz środowiska walidacyjnego.
- Rozdział 6 zawiera szczegółowe badania sieci sensorycznej.
- Rozdział 7 analizuje zgodność systemu z wymaganiami dyrektywy ATEX.
- Rozdział 8 przedstawia wnioski i wskazuje możliwe kierunki rozwoju i kontynuacji badań.

Struktura jest logiczna i pozwala na stopniowe zagłębianie się w tematykę.

Część merytoryczna pracy mieści się na 120 stronach i składa się z 8 rozdziałów głównych wraz z wnioskami oraz wykazu publikacji i dodatków. Zasadnicza część rozprawy poprzedzona jest wykazem ważniejszych oznaczeń. Autor zamieścił załącznik z dodatkami zawierającymi schematy elektryczne oraz modele 3D pojedynczych węzłów sieci. Rozprawa zawiera również 32 tabele oraz 94 rysunki obejmujące fotografie, schematy i wykresy. Rysunki i fotografie są czytelne i łatwe do interpretacji. Schematy elektryczne zawarte w Dodatkach A i B mają małą rozdzielczość i z tego względu nie jest możliwe odczytanie opisów. Bibliografia obejmuje 88 pozycji literaturowych. Pozycje literaturowe od [1] do [75] stanowią publikacje naukowe a pozostałe elementu wykazu literatury to rozporządzenia i odwołania do stron internetowych. W wykazie literatury Kandydat przytoczył 10 pozycji autorskich. Zastosowany styl numeracji tabel i rysunków uwzględnia kolejność pojawiania się powołań w tekście rozprawy natomiast pozycje bibliograficzne uporządkowane są w kolejności alfabetycznej.

Praca została przygotowana starannie pod względem formalnym. Spis treści jest przejrzysty, odsyłacze do literatury są poprawnie sformatowane. Język pracy jest precyzyjny, choć miejscami zdarzają się drobne błędy językowe i stylistyczne, które nie wpływają na jej jakość. Dobór źródeł literaturowych jest adekwatny do tematu i obejmuje zarówno literaturę naukową, jak i normy techniczne oraz dokumentację producentów sprzętu. W pracy uwzględniono publikacje dotyczące sieci sensorycznych, algorytmów trasowania oraz zastosowań metod optymalizacyjnych. Cytowane źródła są rzetelne i dobrze wpisują się w kontekst problemu.

b. wskazanie oraz ocena celu pracy doktorskiej,

Celem naukowym pracy było *wykonanie oraz walidacja algorytmu trasowania sieci sensorycznych z zastosowaniem inteligencji roju pracujących w monitoringu sekcji obudowy zmechanizowanej*. Autor sformułował następującą tezę:

Zastosowanie algorytmów trasowania sieci sensorycznych (pracujących w oparciu o inteligencję roju) zaimplementowanych w strefach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego zapewni odpowiednią organizację przesyłu informacji, zwiększając jednocześnie

wymaganą niezawodność działania, elastyczną konfigurację oraz wymagany poziom bezpieczeństwa eksploatacyjnego.

Autor podał również użyteczny cel rozprawy jakim było opracowanie rozwiązania wspomagającego automatyzację procesu prowadzenia ścian wydobywczej oraz systemu predykcji zagrożeń.

Pomimo że Autor postawił sobie za cel implementację algorytmów pracujących w strefach zagrożonych wybuchem metanu, czyli implementację opracowanego algorytmu w warunkach dołowych, to w początkowej części pracy pisze, że „Badania in-situ nie zostały przewidziane w ramach realizacji pracy”. Autor motywuje to nieprzewidywalnym czasem związanym z procedurami jakich należy dopełnić przed instalacją na wyrobisku (konieczność certyfikacji urządzenia przez jednostkę zewnętrzną, procedury związane z pozwoleniami na zjazd w podziemiu kopalń). Badania in-situ zostały przewidziane jako element dalszych prac, które będą stanowić rozszerzenie przedłożonej do recenzji pracy i pozwolą na pełną walidację algorytmu w warunkach rzeczywistych.

Cel pracy został precyzyjnie określony w rozdziale 1.3 „Cel i zakres pracy”. Autor wyraźnie definiuje problem badawczy oraz zakres analiz, koncentrując się na opracowaniu i walidacji algorytmu trasowania. Cel pracy został osiągnięty. Autor opracował i przetestował algorytm trasowania, przeprowadził jego walidację w warunkach zbliżonych do rzeczywistych oraz porównał wyniki z istniejącymi rozwiązaniami. Wyniki badań potwierdzają skuteczność opracowanego podejścia.

c. wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych,

W pracy wykorzystano zestaw komplementarnych metod badawczych, które obejmowały zarówno studia literaturowe, modelowanie teoretyczne, jak i badania eksperymentalne. Ich połączenie pozwoliło na pełne uzasadnienie i ocenę skuteczności proponowanego algorytmu.

Przegląd istniejących rozwiązań jest kompleksowy i dobrze uzasadnia potrzebę dalszych badań w tym obszarze. Autor opracował i przedstawił matematyczny model trasowania w sieciach sensorycznych, wykorzystując koncepcję optymalizacji inspirowanej inteligencją roju. Zastosowane modele uwzględniają parametry takie jak przepustowość łączy, opóźnienia transmisji, zużycie energii oraz odporność na awarie. Metoda modelowania matematycznego jest adekwatna do postawionego problemu badawczego. Modele są przejrzyste, a ich zastosowanie pozwala na dokładną analizę i ocenę proponowanego rozwiązania. W pracy przeprowadzono symulacje działania opracowanego algorytmu w środowisku testowym. Autor wykorzystał oprogramowanie do symulacji sieci bezprzewodowych, co pozwoliło na ocenę skuteczności trasowania i porównanie wyników z innymi algorytmami. Symulacje komputerowe są istotnym elementem badań nad algorytmami sieciowymi. Autor poprawnie przeprowadził testy w realistycznym środowisku, uwzględniając rzeczywiste parametry transmisji danych. Metoda ta pozwoliła na empiryczną ocenę skuteczności zaproponowanego rozwiązania. Przedstawiona w pracy analiza stanowiła podstawę do oceny możliwych do zaadaptowania metod i dalszej optymalizacji w warunkach kopalnianych. Następnie Autor opracował środowisko walidacji sieci sensorycznej (modele z 3 oraz 30 węzłami). W badaniach oceniono kluczowe parametry sieci (takie jak przepustowość, wskaźnik dostarczania pakietów oraz niezawodność działania), co umożliwiło kalibrację algorytmu oraz wprowadzenie modyfikacji do celów optymalizacji. Autor dokonał walidacji eksperymentalnej algorytmu w środowisku zbliżonym do rzeczywistego. Autor przeprowadził testy na prototypowym systemie, oceniając rzeczywistą efektywność trasowania danych co odpowiada piątemu poziomowi gotowości technologicznej (TRL) opracowanej metody trasowania. Walidacja eksperymentalna jest jednym z najmocniejszych punktów pracy. Dzięki niej uzyskane wyniki

są bardziej wiarygodne i potwierdzają rzeczywiste zastosowanie algorytmu. Testy wykazały skuteczność trasowania oraz zgodność z normami ATEX, co dodatkowo podkreśla praktyczną wartość badań.

Autor porównał wyniki swojego algorytmu z istniejącymi metodami trasowania w sieciach sensorycznych. Porównanie uwzględniało kluczowe parametry, takie jak efektywność energetyczna, opóźnienia oraz odporność na awarie. Przedstawiona analiza jest dobrze udokumentowana i oparta na rzetelnych wskaźnikach.

d. ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań, oraz informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników,

Omówienie wyników badań w rozprawie zostało przeprowadzone w sposób systematyczny i logiczny. Autor konsekwentnie odnosi się do wcześniejszych rozdziałów pracy, w których przedstawiono założenia badawcze, przyjęte modele oraz metody eksperymentalne. Wyniki są prezentowane w sposób uporządkowany, z wykorzystaniem tabel, wykresów i schematów, co ułatwia ich interpretację. Są one dobrze uporządkowane i zaprezentowane w sposób klarowny. Zastosowanie różnych form wizualizacji poprawia odbiór i zrozumienie kluczowych danych.

Autor trafnie interpretuje uzyskane wyniki w odniesieniu do wcześniej sformułowanych hipotez oraz celów badawczych. Każdy aspekt badania jest omawiany w kontekście wcześniejszych założeń, co pozwala na ocenę stopnia realizacji celów pracy. Interpretacja wyników jest rzetelna i oparta na uzyskanych danych. Autor unika spekulacji, bazując na rzeczywistych wynikach i odniesieniu ich do dostępnej literatury przedmiotu. Przedstawione wyniki zostały poddane analizie statystycznej oraz weryfikacji eksperymentalnej, co zwiększa ich wiarygodność. Autor prezentuje również porównanie uzyskanych wyników z innymi metodami badawczymi oraz podkreśla ich mocne i słabe strony.

Cennym elementem rozprawy jest autorskie oprogramowanie, co świadczy o wysokim poziomie wiedzy i umiejętnościach w obszarze opracowania narzędzi analitycznych. Wyniki przedstawione w analizach statystycznych są podparte odpowiednimi metodami (test Manna-Whitneya, metoda ANOVA Kruskala-Wallisa), co pozwoliło na weryfikację przyjętych hipotez niezależnie od liczby ocenianych zmiennych w modelu. Zastosowanie algorytmów oraz testowanie w różnych topologiach sieci pozwoliło na sformułowanie uogólnionych wniosków, które potwierdziły możliwość zastosowania zaprojektowanego rozwiązania sieci sensorycznej w realnych warunkach eksploatacji wyrobisk górniczych. Wyniki tych rozważań prowadzą do konkluzji potwierdzających postawioną w pracy hipotezę.

Bardzo ważnym aspektem pracy jest analiza praktycznych zastosowań uzyskanych wyników. Rozprawa doktorska koncentruje się na aspekcie praktycznym, czego wyrazem jest opracowany algorytm trasowania sieci sensorowych bazujący na inteligencji roju. Jego zastosowanie ma na celu poprawę niezawodności działania systemu monitorującego sekcje obudowy zmechanizowanej w kopalniach, zwłaszcza w obszarach narażonych na ryzyko wybuchu. Stworzony przez Autora algorytm umożliwia efektywne zarządzanie przepływem danych, co odgrywa kluczową rolę w przewidywaniu zagrożeń, takich jak tąpnięcia czy obwały skał, a tym samym pozwala na wdrażanie skutecznych działań zapobiegawczych.

Opracowany algorytm oraz architektura sieci mogą być wykorzystywane nie tylko do usprawnienia monitoringu środowisk podziemnych, ale także do wspierania automatyzacji procesów wydobywczych poprzez integrację z systemami sterowania eksploatacją. Autor dokonuje rzetelnej analizy ograniczeń swojej metody badawczej unika jednostronnej narracji i wskazuje potencjalne ograniczenia. Przedstawia możliwe czynniki wpływające na dokładność wyników oraz obszary wymagające dalszych badań. Podkreśla, że choć uzyskane wyniki są

obietujące, istnieje potrzeba ich dalszej weryfikacji w rzeczywistych warunkach przemysłowych.

e. informacja o ewentualnych nieprawidłowościach, które pojawiły się w ocenianej rozprawie doktorskiej oraz analiza krytyczna rozprawy,

Proszę o komentarz odnośnie danych przedstawionych na rysunku 18 i wniosków w kontekście wyników przedstawionych w pracy:

Shin, C.; Lee, M. **Swarm-Intelligence-Centric Routing Algorithm for Wireless Sensor Networks**. Sensors 2020, 20, 5164. <https://doi.org/10.3390/s20185164>

Proszę komentarz do wyników przedstawionych w rozprawie na tle pracy:

Yang, X., Yan, J., Wang, D., Xu, Y., & Hua, G. (2024). **WOAD3QN-RP: An intelligent routing protocol in wireless sensor networks — A swarm intelligence and deep reinforcement learning based approach**. Expert Systems with Applications, 246. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.123089>

Uwagi szczegółowe

Strona 38, brak objaśnień dla w_3
 Strona 38, 41, 43 brak uzasadnienia przyjęcia przedziałów współczynników wagowych ponadto oznaczenie przedziału domkniętego symbolem $>$ jest mylące $(0, 1)$. Ważone wartości we wzorach 4, 10, 11, mają różne, nie proporcjonalne zakresy.

Strona 40 B_{state} - stan baterii w węźle sąsiada – powinno być stan naładowania baterii w węźle sąsiada lub poziom naładowania....., jak w pozostałych miejscach pracy,

Strona 54 Autor podaje energię w jednostkach mocy,

W tabelach 11-27 powinny być podane liczby obserwacji w poszczególnych grupach

W rozdziale 8. Podsumowanie i dalsze kierunki badań na stronie 125 Autor pisze: „Sieć sensoryczna pracująca w oparciu o opracowany algorytm adaptuje się do zmian struktury wynikających z uszkodzenia, przemieszczenia lub dodania nowego węzła sieci.” Hipoteza ta nie została udowodniona w pracy.

Praca zawiera drobne błędy językowe, które mogą negatywnie wpływać na odbiór treści. Autor stosuje przymiotnik „niski” w połączeniu z wielkościami lub cechami, które z natury nie mogą być niskie. Np. niskie odchylenie standardowe, niskie obciążenie sieci, niska przepustowość, niskie zużycia energii, niski pobór mocy. Przymiotnik niski oznacza niewysoki. Zatem niski może być - przedmiot, człowiek, dźwięk, ton.

Zastosowanie metod statystycznych, takich jak ANOVA Kruskala-Wallisa oraz test U Manna-Whitneya, choć poprawne w sensie formalnym, nie jest wystarczające do pełnej oceny wydajności algorytmu trasowania. Niestety, że Autor nie przeprowadził analizy dynamicznych zmian topologii sieci. Można było również ocenić wpływ czynników, takich jak dynamiczna zmienna liczby węzłów (symulowane awarie) czy różne schematy obciążenia. W literaturze powszechnie stosuje się zaawansowane symulacje w środowiskach takich jak NS-3, OMNeT++ czy Opnet Modeler, które pozwalają na realistyczne odwzorowanie warunków sieciowych. Wydaje się, że Autor powinien wykorzystać metody symulacyjne zanim przeszedł do czasochłonnych i kosztownych testów eksperymentalnych. W literaturze napotkać można powszechnie stosowane symulacje wieloskalowe, analizujące różne poziomy mobilności i rozmiarów sieci, co pozwala na bardziej kompleksową ocenę wydajności trasowania. Istotnym ograniczeniem pracy jest brak analizy złożoności obliczeniowej poszczególnych algorytmów, oraz brak oceny algorytmów pod względem klasy, zapotrzebowania na zasoby pamięci i/lub

użycie zasobów procesora, co w rozwiązaniach globalnych stanowi kluczowy czynnik oceny ich praktycznego zastosowania.

Wskazane w recenzji błędy i ograniczenia nie wpływają istotnie na wartość naukową pracy.

f. ocena, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego,

Analizując rozprawę doktorską pod kątem jej oryginalności, można zauważyć, że przedstawione w niej rozwiązania wnoszą nowatorskie podejście do zarządzania sieciami sensorycznymi w wymagających warunkach kopalnianych. Praca dostarcza unikalnych koncepcji w zakresie opracowania oraz walidacji algorytmu trasowania sieci czujników, bazującego na inteligencji roju, co stanowi innowacyjne rozwiązanie w kontekście eksploatacji systemów i urządzeń górniczych. Jej głównym celem było zwiększenie niezawodności funkcjonowania oraz elastyczności konfiguracji sieci sensorów, zgodnych z wymaganiami bezpieczeństwa w środowiskach zagrożonych wybuchem.

Praca wnosi istotne elementy nowatorskie w zakresie trasowania sieci sensorycznych oraz zastosowania inteligencji roju do optymalizacji trasowania w warunkach przemysłowych, zwłaszcza w kontekście spełniania norm ATEX.

Do kluczowych osiągnięć rozprawy można zaliczyć:

- stworzenie środowiska walidacyjnego oraz określenie podstawowych węzłów sieci sensorycznej, dostosowanych do specyficznych warunków panujących w kopalniach,
- opracowanie i optymalizację algorytmu trasowania, bazującego na metodach inspirowanych naturą, takich jak optymalizacja rojem cząstek czy algorytm mrówkowy,
- implementację oraz testowanie algorytmów w prototypowym systemie sensorów, a także ich adaptację do standardów ATEX, co zapewnia bezpieczną pracę w środowiskach narażonych na wybuch metanu.

Rozprawa wnosi istotny wkład w rozwój technologii monitorowania w górnictwie, proponując zarówno praktyczne, jak i nowatorskie rozwiązania w dziedzinie sieci sensorowych.

g. ocena, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Kandydata w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna oraz czy Kandydat wykazał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej,

Rozprawa doktorska stanowi dowód na szeroką wiedzę teoretyczną Kandydata w dziedzinie inżynierii mechanicznej, ze szczególnym uwzględnieniem projektowania i walidacji algorytmów trasowania w sieciach sensorycznych. Doktorant wykazał się umiejętnością prowadzenia samodzielnych badań naukowych, co znajduje odzwierciedlenie w dogłębnej analizie literatury, przemyślanym sformułowaniu celów badawczych oraz kompleksowym przeglądzie stanu wiedzy. Dodatkowe umiejętności – spoza dyscypliny inżynierii mechanicznej – w zakresie implementacji algorytmów są i muszą być powiązane ze znajomością problemu dotyczącego eksploatacji ścianowych obudów zmechanizowanych stosowanych w kopalniach. Autor ukierunkował zastosowanie opracowanego algorytmu do pomiaru ciśnienia oraz geometrii sekcji obudowy, wskazując na potrzebę rozwinięcia bezprzewodowych systemów diagnostycznych.

W pracy wykorzystano zarówno metody symulacyjne, jak i analityczne, a Autor z powodzeniem przeprowadził interpretację wyników testów symulacyjnych oraz krytyczną ocenę parametrów sieci. Świadczy to o jego biegłości w stosowaniu narzędzi badawczych i umiejętności wyciągania trafnych wniosków na podstawie danych empirycznych. Dodatkowo,

Kandydat wykazuje dogłębną znajomość literatury przedmiotu i potrafi szeroko analizować uzyskane rezultaty, nadając im szerszy kontekst naukowy.

Wartość rozprawy podnosi również umiejętność uogólniania wyników i ich wszechstronnego omówienia, co świadczy o dojrzałym podejściu badawczym. Istotnym elementem pracy jest także oryginalny wkład Kandydata w rozwój inżynierii mechanicznej, przejawiający się w nowatorskim zastosowaniu inteligencji roju do optymalizacji sieci sensorów w wymagających warunkach kopalnianych.

h. Ocena umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Kandydat samodzielnie opracował i zaimplementował algorytm trasowania sieci sensorycznej z zastosowaniem inteligencji roju. Wykonał prototyp sieci oraz zaplanował i wykonał szereg eksperymentów pozwalających na walidację rozwiązania. Kandydat wykazał zdolność do precyzyjnego formułowania problemu badawczego oraz celów swojej rozprawy. W pracy widoczna jest logiczna struktura myślenia, a założenia badawcze są jasno określone i uzasadnione na podstawie przeglądu literatury. Autor samodzielnie określił kluczowe zagadnienia badawcze i wykazał ich znaczenie dla nauki i praktyki. Zastosowane metody badawcze są właściwie dobrane i rzetelnie przeprowadzone, co świadczy o samodzielności autora w planowaniu i realizacji badań. Praca została przygotowana zgodnie z wymogami naukowymi, a sposób przedstawienia wyników oraz ich interpretacja wskazują na umiejętność samodzielnego prowadzenia badań. Styl naukowy oraz umiejętność redagowania tekstu są na wysokim poziomie, co sugeruje gotowość autora do dalszej działalności naukowej i publikacyjnej. Kandydat wykazał się umiejętnością krytycznej analizy wyników, identyfikując zarówno osiągnięcia, jak i wyzwania techniczne, które pojawiły się podczas badań. Umiejętność identyfikacji ograniczeń opracowanego rozwiązania oraz sugestie dotyczące jego przyszłego rozwoju pokazują dojrzałość naukową i zdolność do samodzielnego wnioskowania.

Rozprawa doktorska wskazuje na szeroką wiedzę teoretyczną mgr. inż. Jerzego Jagody w zakresie inżynierii mechanicznej, technik programowania, metod planowania eksperymentu i bezprzewodowej transmisji danych, a także na jego wysoką samodzielność i zdolność do prowadzenia zaawansowanej pracy badawczej. Kompetencje te potwierdzają jego przygotowanie do kontynuowania samodzielnych badań naukowych w dziedzinie inżynierii mechanicznej.

3. Podsumowanie

Rozprawa jest dobrze przemyślanym i starannie wykonanym opracowaniem, które podejmuje ważne zagadnienie i stosuje zaawansowane techniki do jego rozwiązania. Wykazuje oryginalność zarówno w zakresie proponowanego rozwiązania jak i zastosowanej metodologii. Mimo to, pewne aspekty mogłyby zostać rozbudowane lub lepiej uzasadnione, zwłaszcza jeśli chodzi o teoretyczne podstawy modeli i odniesienia do badań międzynarodowych. Rozwinięcie sugestii praktycznych i przyszłych kierunków badań mogłoby również zwiększyć znaczenie rozprawy dla przemysłu i nauki. Autor zastosował kompleksową metodologię badawczą, obejmującą zarówno teoretyczne modelowanie, jak i walidację eksperymentalną, co podkreśla rzetelność podejścia. Użycie analizy modalnej wskazuje na wysoką świadomość metodologii w zakresie dynamicznych badań materiałów i struktur mechanicznych. Oceniana rozprawa stanowi wartościowy wkład w rozwiązanie problemu tłumienia drgań w obróbce skrawaniem oraz wskazuje na dużą wiedzę i kompetencje Autora w dziedzinie inżynierii mechanicznej.

Rozprawa doktorska mgra inż. Jerzego Jagody stanowi oryginalne i wartościowe opracowanie naukowe, podejmujące istotny problem dotyczący efektywnego zarządzania danymi w sieciach sensorycznych pracujących w trudnych warunkach przemysłowych. Autor wykazał się wysokim poziomem samodzielności w prowadzeniu badań oraz umiejętnością zastosowania zaawansowanych metod analitycznych i eksperymentalnych. Przedstawione w pracy algorytmy trasowania bazujące na inteligencji roju oraz ich walidacja w środowisku testowym stanowią nowatorski wkład w dziedzinę inżynierii mechanicznej oraz technologii transmisji danych w środowiskach zagrożonych wybuchem. Rozprawa charakteryzuje się przejrzystą strukturą i logicznym układem treści. Cel pracy został jasno określony i osiągnięty poprzez realizację zaplanowanych badań oraz analizę uzyskanych wyników. Kandydat przeprowadził kompleksową ocenę skuteczności swojego rozwiązania, dokonując jego walidacji w realistycznych warunkach oraz porównując efektywność algorytmu z istniejącymi metodami trasowania.

Podsumowując, rozprawa doktorska mgr. inż. Jerzego Jagody spełnia wymagania stawiane pracom na tym poziomie naukowym, a jej wyniki mogą znaleźć praktyczne zastosowanie w systemach monitorowania i automatyzacji procesów przemysłowych. Kandydat wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych, co pozwala na pozytywną ocenę jego pracy i rekomendację do nadania mu stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.

Praca spełnia wysokie standardy metodologiczne i może stanowić wartościowy wkład w rozwój technologii trasowania w sieciach sensorycznych.

4. Konkluzja

Przedstawiona do recenzji rozprawa stanowi zdaniem recenzenta oryginalne rozwiązanie ważnego problemu naukowego. Kandydat samodzielnie opracował zagadnienie badawcze z zakresu dyscypliny naukowej Inżynieria Mechaniczna oraz wykazał się znajomością aktualnej literatury naukowej w zakresie tematyki pracy. Rozprawa stanowi oryginalne osiągnięcie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej i społecznej. Wyniki badań dowodzą słuszności tezy sformułowanej przez Doktoranta oraz jego dobrego przygotowania do prowadzenia badań naukowych i realizacji prac badawczych. Uwagi sformułowane w punkcie 2e recenzji mają charakter dyskusyjny i wymagają ustosunkowania się do nich Doktoranta w czasie obrony.

Przedstawiona do recenzji praca spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w związku z tym **wnoszę o przyjęcie rozprawy doktorskiej pt. „Opracowanie oraz walidacja algorytmu trasowania sieci sensorycznych, z zastosowaniem inteligencji roju” autorstwa mgra inż. Jerzego Jagody oraz o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Śląskiej.**

Prof. J. Konieczny

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)