

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja GRUZY**  
*pt. Symulacyjny model dokładności pomiaru realizowanego laserowymi systemami nadążnymi*

Promotor: dr hab. inż. Adam GAŚKA, prof. PK

Promotor pomocniczy: dr inż. Robert KUPIEC

Recenzja została opracowana na podstawie pisma nr M.00-90/2023 Prodziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej z dnia 02.06.2023 r.

## 1. Ocena merytoryczna pracy

### 1.1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska przedstawiona do oceny stanowi tekst jednolity liczący 161 stron w formacie A4. Tytuł rozprawy oraz jej streszczenia dobrze oddają charakter i zawartość. Rozprawę podzielono na 14 głównych rozdziałów numerowanych (poza bibliografią i streszczeniami w dwóch językach, umieszczonymi na końcu pracy). Część teoretyczna (literaturowa) stanowi ok. 1/4 objętości pracy (~35 stron), pozostałą objętość zajmują opisy metodyki i przeprowadzonych prac badawczych zrealizowanych bezpośrednio przez doktoranta w ramach części praktycznej pracy. Jest to układ stosunkowo typowy dla rozpraw doktorskich o charakterze badawczym przedstawianych do obrony w naukach inżynierijno-technicznych. Podział pracy na rozdziały nieco odbiega od typowego podziału literatura – metodyka – wyniki. Szczegółowa charakterystyka układu i zawartości rozprawy oraz dotyczące jej uwagi krytyczne zostały przedstawione w dalszej części recenzji.

### 1.2. Trafność i oryginalność podjętej tematyki badawczej

Podjęta w rozprawie tematyka badawcza mieści się w obszarze metrologii współrzędnościowej i obejmuje problemy związane oceną dokładności laserowych systemów nadążnych (LSN). Doktorant, po przeanalizowaniu dostępnej literatury oraz stanu techniki, zidentyfikował określone luki poznawcze i trendy w badaniach, a następnie sformułował problem badawczy, hipotezę, założenia i cele pracy. Problematykę rozprawy oceniam jako aktualną i ważną. Oryginalność podjętej tematyki także oceniam jako wysoką, co potwierdza zrealizowany przez doktoranta przegląd literatury. W pracach innych autorów (przytoczonych zresztą licznie przez doktoranta) można odnaleźć ślady podobnych koncepcji,

jednak problem w postaci sformułowanej w rozprawie nie został dotąd podjęty i rozwiązany. W zasadzie autor postawił sobie za zadanie przeprowadzenie badań mających na celu opracowanie cyfrowego bliźniaka (ang. *digital twin*) urządzenia pomiarowego, aby symulować dokładność pomiaru. Jest to zarówno ambitne, jak i stosunkowo oryginalne zadanie.

Postawiony problem, jak i zrealizowane badania w całości są zgodne z dyscypliną inżynieria mechaniczna. Uważam, że zarówno podjęta szczegółowa tematyka, jak i zdefiniowane przez doktoranta problemy i cele pracy spełniają znamiona pracy naukowej na poziomie pozwalającym mówić o badaniach na potrzeby rozprawy doktorskiej.

### 1.3. Uzyskane rezultaty i ich znaczenie dla nauki i praktyki

Oceniając rozprawę, zaplanowane badania oraz ich rezultaty należy stwierdzić, że przeprowadzone i opisane badania oraz uzyskane wyniki przyczyniły się do ogólnego zwiększenia poziomu wiedzy naukowej w podjętej tematyce. Doktorant zrealizował prace, które są zarówno istotne, innowacyjne jak i praktyczne. Poziom naukowy tych prac należy ocenić jako wysoki, w mojej ocenie zostały one zrealizowane z należytą starannością, z użyciem właściwych technik, zgodnością z odpowiednimi normami i zachowaniem właściwego podejścia dla prac mieszczących się w obszarze metrologii.

Wyniki rozprawy z pewnością będą interesujące dla specjalistów zajmujących się tematyką metrologii współrzędnościowej czy laserowych systemów nadążnych. Mogą być one także interesujące dla specjalistów zajmujących się opracowywaniem i badaniem cyfrowych bliźniaków, zwłaszcza w odniesieniu do maszyn i układów pomiarowych.

W ocenie wyników rozprawy trzeba jednak wziąć pod uwagę kilka istotnych kwestii. Należy tutaj w pierwszej kolejności bardzo pozytywnie ocenić doktoranta za zaplanowanie i zrealizowanie z sukcesem tak dużej ilości prac badawczych i rozwojowych. Natomiast, jak uczciwie przyznaje sam doktorant, obecnie użyteczność zastosowania zaprezentowanej metody w przemyśle jest dość ograniczona, ze względu na bardzo długi czas realizacji i żmudność badań przygotowawczych, które trzeba powtarzać dla każdego systemu. W rozprawie nie oszacowano w pełni tego czasu, ani też kosztów potencjalnej budowy takiego cyfrowego bliźniaka (modelu symulacyjnego urządzenia pomiarowego). Porównanie takie, uwzględniające tradycyjne metody szacowania niepewności, przydałoby się zdecydowanie, aby móc odpowiedzieć na pytanie czy w ogóle sensowne – z punktu widzenia praktyki przemysłowej – jest prowadzenie dalszych prac z użyciem zaprezentowanej przez autora metodyki – czy też być może należałoby ją znacząco zmodyfikować, co sugeruje zresztą częściowo sam autor, nie podając jednak żadnych konkretnych pomysłów na dalsze usprawnienia w tym aspekcie.

Autor przedstawia uzyskane wyniki z bardzo dużą pewnością siebie – m.in. twierdząc już na samym początku rozprawy (str. 10) że utworzony w rozprawie model jest pierwszym w Polsce i jedynym tak kompleksowym modelem symulacyjnym w skali świata. Pewność siebie jest ważnym aspektem w pracy

naukowca – ale dobrze byłoby tego typu twierdzenia podawać jednak raczej na końcu rozprawy, podsumowując wyniki i zestawiając je z osiągnięciami badacza ze świata.

Dodatkowo, w pracy nie dokonano w pełni oceny i dyskusji poziomów rozbieżności między symulowaną (na podstawie utworzonego modelu) a zweryfikowaną w praktyce niepewnością pomiarową. Hipotezę pracy autor uznał za spełnioną – jest ona jednak dość ogólna (na co zwracam uwagę w jednym z dalszych rozdziałów recenzji). Tymczasem główne wyniki rozprawy, umieszczone w rozdziale 11 (badania weryfikacyjne, tab. 16-18) wskazują że rozbieżności te są dość znaczne (kilkadziesiąt procent), do czego autor się nie odnosi, nie konfrontując także uzyskanych wyników z dostępną literaturą (brak głębszej dyskusji). W mojej opinii, obniża to nieco znaczenie uzyskanych rezultatów i utrudnia interpretację poziomu osiągnięcia naukowego autora.

Należy tutaj jednak podkreślić, że celem doktoratu nie jest uzyskanie gotowej do wdrożenia w przemyśle metody czy produktu – jest nim samodzielne zaplanowanie, przeprowadzenie i opis eksperymentów, na odpowiednim poziomie naukowym, tak aby powiększyć ogólny zasób wiedzy dostępny ludzkości w danej, nieraz wąskiej dyscyplinie. Z tego zadania doktorant wywiązał się bardzo dobrze, a jego rozprawę należy pod tym kątem ocenić jako w sposób wyczerpujący spełniającą wymagania stawiane kandydatom ubiegającym się o stopień naukowy doktora.

#### 1.4. Poprawność formalno-językowa, stylistyczna i interpunkcyjna

Pod względem poprawności formalno-językowej, stylistycznej i interpunkcyjnej, praca stoi na dobrym poziomie, powyżej przeciętnego dla rozpraw doktorskich w naukach inżynieryjno-technicznych. Doktorant nie ustrzegł się drobnych błędów i nieścisłości, które można odnaleźć w pracy dość często. Błędy te zwykle nie mają związku z merytoryką rozprawy, nie występują też na tyle często aby utrudnić odbiór rozprawy, ale są nieco rozprasające i obniżają jej ogólny poziom. Jednocześnie należy podkreślić, że polszczyzna doktoranta stoi na wysokim poziomie, formułuje on poprawne i często bardzo złożone zdania, posługując się nieraz trudnym, hermetycznym językiem, nie szczędząc czytelnikowi bardzo dokładnych opisów i przemyśleń, unikając przy tym żargonu i błędów składniowych czy choćby fleksyjnych. Dzięki temu pracę czyta się stosunkowo dobrze.

Poniżej wypisano przykłady pojawiających się w rozprawie błędów dotyczących strony językowej, ze wskazaniem stron na których zauważono dany błąd.

1. Błąd ortograficzny: „wacha się...” (powinno być: „waha się?!”) – str. 11.
2. Zła forma liczebnika odnoszącego się do dekady – „90-tych” – powinno być „90.” lub „dziewięćdziesiątych) – str. 12.
3. Niepotrzebny apostrof w zagranicznej nazwie: „Braunschweig’u”, powinno być „Braunschweigu” – str. 12.

4. Błędy w doborze słów „liczbą neutronów” (gdy mowa o sieci neuronowej – powinno być zatem „neuronów”) – str. 14, „najbardziej optymalną”, powinno być po prostu „optymalną” lub „najlepszą” – str. 73.
5. Błędny znak przy odmianie niepolskiego słowa: „software-owej”, powinno być „software’owej” a najlepiej po polsku – „programowej” czy „programistycznej” – str. 17.
6. Brak kursywy przy anglojęzycznych terminach czy nazwach, np. – „leapfrog” – powinno być „*leapfrog*” – str. 11, czy nazwy norm cytowane na str. 33, które ze względu na brak kursywy w ogóle nie wyróżniają się z tekstu głównego.
7. Powtórzenie: „Zatem ... więc ...” (str. 8).
8. Częste braki przecinków w długich zdaniach, zwłaszcza przed słowem „który”, np. str. 32, gdzie występują 4 z rzędu zdania, w których brak co najmniej jednego przecinka.
9. Nieprawidłowe stosowanie wielkich/małych liter – określenie „druk 3d”, powinno być „druk 3D” (str. 62), a najlepiej poprawnie – „wytwarzanie przyrostowe”.
10. Stosowanie liczby pojedynczej tam gdzie powinna być mnoga („tabele 9 oraz 10 zawiera” – str. 102, powinno być „zawierają”).
11. Błędne stosowanie słowa „ilość” zamiast „liczba” – str. 91.

Osobną kategorią są błędy formalne, stylistyczne i związane z przejrzystością opisu (nie stricte językowe), których przykłady przedstawiono poniżej.

1. Multycytowania, tj. jednoczesne cytowania kilkunastu pozycji literaturowych (np. str. 7, 34) – takie cytowanie jest pozbawione sensu, jeśli nie jest umieszczone we właściwym kontekście.
2. Niekonsekwencja w „głębokości” poziomu podrozdziałów. Rozdział 2 ma trzy poziomy podrozdziałów, a pozostałe – nie są w ogóle podzielone na podrozdziały (więcej uwag do układu – w dalszej części recenzji).
3. „Wiszące” akapity – pojedyncze akapity tekstu nieprzypisane do żadnego podrozdziału, np. między nagłówkiem rozdziału 2 a 2.1 (str. 11).
4. „Ściany” tekstu – bardzo długie, nieprzejrzyste fragmenty tekstu, które należałoby podzielić na akapity lub „złamać” z użyciem np. list numerowanych czy wypunktowań. Jest to cecha charakterystyczna całej rozprawy, ale szczególnie „cierpią” na tym rozdziały przedstawiające badania (5-8).
5. Wykresy – niekiedy nieco nieczytelne lub nieprzejrzyste etykiety i przebiegi (np. rys. 5-26, 6-4 i dalsze).
6. Rysunki zawierające kod – często nieczytelne (rys. 9-1 i dalsze, np. 9-6, 9-7).
7. Wielkość czcionki na rysunkach i we wzorach – ich wielkość jest bardzo zróżnicowana, od bardzo dużych (rys. 14) do małych (rys. 51) czy nieczytelnych (rys. 33, rys. 46 i wiele innych). Występuje to nawet w obrębie jednego rysunku (np. rys. 72). Niektóre rysunki mają nieproporcjonalnie ściśnięte napisy (rys. 25, rys. 73 i wiele innych, zwłaszcza wykresy).

8. Niektóre rysunki zawierające wiele elementów są rozmieszczone na więcej niż jednej stronie (rys. 5-24).
9. Braki wcięć akapitowych (np. str. 37, akapit 3 i dalsze).
10. Duże odstępy i puste miejsca, wynikające z wstawienia dużych rysunków czy tabel bez odpowiedniego ułożenia treści tekstowej aby zniwelować te przestrzenie (str. 44, 60, 89, 102...)

Powyższy wykaz nie jest kompletny i nie zawiera także błędów opisanych szerzej w dalszej części recenzji (np. kwestia podrozdziałów). Rekomenduję usprawnić tekst rozprawy w przypadku decyzji o wydaniu jej w formie monografii.

## 2. Ocena metodologiczna pracy

### 2.1. Dobór literatury, umiejętność wykorzystania źródeł

Analiza dostępnej literatury i stanu techniki została w przedstawionej do oceny rozprawie przeprowadzona w sposób wyczerpujący, w mojej opinii na poziomie ponadprzeciętnym dla rozpraw doktorskich w podobnej tematyce. Wybrana i zacytowana literatura jest w dużej mierze aktualna i właściwie dobrana do zagadnienia, a także oceniona w sposób krytyczny. Wyraźnie widać, że autor jest bardzo dobrze, wręcz ekspercko zorientowany w tematyce badań oraz osiągnięciach najważniejszych światowych ośrodków w dziedzinie, w której podjął się realizacji rozprawy i jest w stanie podjąć polemikę z innymi badaczami w dziedzinie, zachowując też dużą pewność siebie w zakresie podjętej tematyki i zaplanowanych badań.

Mam jednak kilka uwag co do tej części rozprawy – jak niżej:

1. Na str. 11 napisano „... w literaturze występuje również metoda wiedzy eksperta ale budzi ona kontrowersje ...” – nie napisano na czym dokładnie polega ta metoda ani nie zacytowano (na poparcie tych słów) publikacji, według których jest ona kontrowersyjna.
2. W pierwszej części rozdziału 2 brakuje rysunków ilustrujących przedstawione opisy – pojawiają się one dopiero po kilku stronach.
3. Ostatnie zdania rozdziału 2.1.1 (str. 13) nie są poparte cytowaniami żadnych źródeł literaturowych, tymczasem w mojej opinii zawarte tam stwierdzenia bezwzględnie powinny zawierać odniesienia do właściwych publikacji. Podobne „braki” cytowań źródeł występują w mojej opinii także w wielu innych miejscach rozdziału 2 (i innych miejscach rozprawy). W sytuacji, gdy stwierdzenia pewnych faktów czy informacje wynikają z własnych doświadczeń doktoranta, należy o tym wprost napisać (chyba że doktorant uznał to za oczywiste).
4. Początek rozdziału 2.1.2 zawiera opis modelu „Neuro WMP PK” bez zacytowania literatury wskazującej miejsce powstania i autorów tego modelu.

Przedstawione powyżej uwagi krytyczne mają jednak niewielki wpływ na ocenę tej części rozprawy. Przeprowadzony przegląd literatury oceniam jako w wystarczającym, a nawet wyczerpującym stopniu spełniający wymogi stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych. Udowadnia on posiadanie przez doktoranta odpowiednich umiejętności, właściwych dla naukowców ze stopniem naukowym doktora, o który się ubiega.

## 2.2. Poprawność formułowania problemów i hipotez

Właściwe sformułowanie problemów w pracy ma miejsce we wstępie (w którym autor także – nieco za szybko – podsumowuje już wyniki rozprawy), a także w rozdziale 3, nazwanym „cel i zakres pracy”. Autor uzasadnił celowość podjęcia tematu pracy, zdefiniował problem badacza, postawił hipotezę oraz sformułował założenia i cele szczegółowe.

W kwestii uzasadnienia celowości podjęcia tematu pracy – autor zidentyfikował luki i problemy badawcze oraz uzasadnił podjęcie tematyki pracy. Trudno jednak oprzeć się wrażeniu że to uzasadnienie mogłoby być bardziej przekonujące dla osób niezaznajomionych z tematem. W definicji problemu pracy autor powołuje się na wymagania „stawiane przez środowisko przemysłowe” (str. 37), gdy tymczasem nie są one do końca wyspecyfikowane. Brak także podsumowania przeglądu literatury, tzw. przesłanek do podjęcia tematu pracy. Można jednak wywnioskować je pośrednio z przeprowadzonej analizy, więc nie jest to duże uchybienie.

Autor zdecydował się także na postawienie hipotezy badawczej, którą sformułował w sposób dość ogólny, używając sformułowania „Istnieje możliwość wyznaczenia niepewności ... z wykorzystaniem modelu symulacyjnego ...”. W mojej opinii tak postawiona hipoteza jest zbyt ogólna – brakuje w niej wartości liczbowych określających czym powinna się charakteryzować ta wyznaczona niepewność bądź też proces jej wyznaczania. Wydaje mi się, że jeżeli już rozprawa doktorska zawiera hipotezę badawczą, powinna ona zawierać konkretne wartości liczbowe a jej „obrona” powinna nastąpić z użyciem odpowiednio opracowanych statystycznie wyników eksperymentów – podniosłoby to znacznie wartość pracy. Można by też w ogóle zrezygnować ze stawiania hipotezy, zastępując ją szczegółowo zdefiniowanym celem głównym pracy i weryfikacją stopnia jego wypełnienia.

Założenia, cele szczegółowe, jak też i problem badawczy są sformułowane w sposób poprawny. Z rozprawy dość jasno wynikają problemy które są w niej podjęte oraz częściowo lub w całości rozwiązane. W tym zakresie oceniam, że praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych.

## 2.3. Trafność doboru metod i narzędzi badawczych, umiejętność ich stosowania

Oceniając rozprawę jako całość, należy stwierdzić że doktorant dysponuje solidnym warsztatem w postaci umiejętności planowania i prowadzenia badań z zakresu metrologii, jak też i dużą wiedzą i

doświadczeniem praktycznym w zakresie systemów i metod metrologii współrzędnościowej. Rozprawę w tej części czyta się jak opracowanie eksperckie, gdzie autor z dość dużą pewnością przedstawia kolejne zastosowane metody i techniki badawcze. Na tyle, na ile jestem w stanie to ocenić nie mając tak dużej i szczegółowej wiedzy eksperckiej, są one właściwie dobrane, a przebiegowi eksperymentów trudno cokolwiek zarzucić. Należy docenić zakres przeprowadzonych eksperymentów oraz zawarcie wszystkich ich wyników wraz z rzetelnym, szczegółowym komentarzem w samej rozprawie. Uważam, że dzięki temu kolejni badacze podejmujący problematykę opracowywania modeli symulacyjnych będą mieli ułatwione zadanie, dysponując szczegółowo opisanymi metodami i wynikami badań.

Jedynie moje zastrzeżenia do tej części rozprawy (tj. od rozdziału 5 do 11) to nieco problematyczna kwestia przejrzystości przedstawianych treści, ich kolejności i podziału. Brak także jasno zarysowanego schematu i szczegółowego planu przeprowadzonych eksperymentów w początkowym rozdziale, przez co czytelnikowi jest stosunkowo łatwo „zgubić” się wewnątrz opisów, a szybkie odszukanie konkretnych informacji jest dość trudne (odnalezienie np. parametrów czy wyników konkretnego eksperymentu wymaga dość żmudnego szperania po rozdziałach opisujących badania). Ma to także związek z wymagającym usprawnień układem rozprawy, o którym więcej napisałem w kolejnym podrozdziale recenzji.

Podsumowując, mimo pewnych problemów z przejrzystością opisów, należy uznać poziom naukowy zastosowanych metod i narzędzi badawczych za właściwy w kontekście wymagań stawianych kandydatom na doktorów w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych. Mnogość przeprowadzonych badań i swoboda, z jaką autor operuje różnymi technikami z pewnością zasługuje na wyróżnienie.

#### 2.4. Prawdliwość układu pracy i struktury podziału treści

Układ pracy spełnia podstawowe kryteria tworzenia rozpraw naukowych, ale w mojej opinii – mógłby zostać znacząco usprawniony celem uzyskania lepszej przejrzystości rozprawy. Jak wspomniano na początku recenzji, rozprawę podzielono na aż 14 głównych rozdziałów (poza bibliografią i innymi pomocniczymi). Są nimi (pisownia oryginalna):

1. Wstęp
2. Analiza stanu wiedzy
3. Cel i zakres pracy
4. Koncepcja metody symulacyjnej laserowego systemu nadążnego
5. – 8. Badania (...)
9. Rozwiązanie softwareowe
10. Stabilność generowania wartości programu symulacyjnego

## 11. Badania weryfikacyjne

## 12. Wnioski

## 13. Kierunki dalszych badań

## 14. Podsumowanie

W mojej opinii problemem jest brak trzymywania się przez doktoranta ustandaryzowanej struktury rozpraw naukowych, z czterema głównymi rozdziałami merytorycznymi (tj.: 1 – przegląd literatury; 2 – cele, hipotezy i zakres pracy; 3 – metodyka badań własnych; 4 – wyniki i ich dyskusja). Największy zarzut w tym zakresie dotyczy zmieszania ze sobą treści reprezentujących metodykę oraz wyniki – są one przez autora zapisane w jednym ciągu, w tych samych rozdziałach, bez żadnego podziału. Jest to niestety, praktyka spotykana coraz częściej, zwłaszcza w pracach młodych naukowców (doktoraty). Część metodyczna powinna zawierać dokładny, szczegółowy opis tego, co zaplanowano oraz z użyciem jakich urządzeń, procesów, metod, z jakimi parametrami, jakie rodzaje wartości i/lub wyników miał wygenerować dany eksperyment. Wyniki z kolei to tabele, wykresy, statystyki, obserwacje, fakty, oceny już po realizacji eksperymentu, ale bez doszukiwania się przyczyn oraz porównywania z literaturą – to powinno znaleźć się w dyskusji oraz późniejszych wnioskach. Od autorów rozpraw naukowych na poziomie doktoratu powinno wymagać się umiejętności rozdzielenia opisu metodycznego od opisu ich wyników oraz ich dyskusji. Doktorant, z całym swoim bagażem doświadczeń, zapewne dysponuje taką umiejętnością, ale w tekście rozprawy nie zostało to uwidocznione – niestety nie da się jednoznacznie oddzielić metodyki od uzyskanych wyników, gdyż część wyników i obserwacji (oraz krytycznych ocen) podano natychmiast po zarysowaniu problemu.

Typowym przykładem nieprawidłowości opisu jest choćby opis badań weryfikacyjnych (rozdział 11). Autor przedstawia sposób realizacji tych badań (pomiarów) i od razu ich wyniki, po czym przechodzi do kolejnej metodyki (tym razem walidacji – odróżniłbym to od weryfikacji, ale to szczegół) i znów do jej wyników.

Pojawia się także dość wyraźnie problem z podziałem na podrozdziały – występują one wyłącznie w rozdziale 2. W pozostałych rozdziałach takiego podziału nie ma – są wytłuszczone nagłówki sekcji, które mogłyby znakować podział na podrozdziały, ale z nieznanых przyczyn autor nie zdecydował się na to. Rozdziałów głównych z kolei jest zdecydowanie za dużo – ogółem, 14 rozdziałów należałoby zredukować do 7 (pierwsze 3 – bez zmian, poza tym: 4 – koncepcja i metodyka, 5 – wyniki, 6 – dyskusja, wnioski i kierunki dalszych badań, 7 – podsumowanie), wprowadzając odpowiedni podział na podrozdziały. Obecna formuła rozprawy – uwzględniając także poprzednie uwagi (m.in. „ściany tekstu”) sprawia wrażenie, jakby autor nieco spontanicznie opisywał po kolei wszystko co robił, nie planując szczególnie układu rozprawy i nie rozważając jego usprawnień już po napisaniu całości.

Podsumowując – praca zyskałaby znacząco na wartości i przejrzystości i miała większy bezpośredni potencjał publikacyjny gdyby w prawidłowy sposób rozdzielić opis części metodycznej od wyników, a



także ich dyskusji, zachowując dbałość w przygotowanych opisach poszczególnych części i właściwą strukturę całości z odpowiednim podziałem na podrozdziały – co może mieć znaczenie w przypadku pisania publikacji na jej podstawie czy wydania jej w formie monografii. W mojej opinii w prestiżowych wydawnictwach naukowych przejrzystość i zachowanie odpowiedniej formy jest dość często czynnikiem decydującym o odrzuceniu danej publikacji, w dużej części niezależnie od wartości merytorycznej prezentowanych w niej badań.

## 2.5. Uwagi i pytania

Najważniejsze uwagi i pytania do pracy (również takie, które nie zostały wspomniane wcześniej) przedstawiono poniżej. Nie wymagam uzupełnienia ani poprawy samego tekstu rozprawy – prosiłbym jednak doktoranta o odniesienie się do uwag w trybie pisemnym.

1. Jaka była rzeczywista praco- i czasochłonność utworzenia modelu symulacyjnego opisano w rozprawie – czy autor pokusił się o wykonanie potencjalnego kosztorysu, uwzględniającego wszystkie etapy prac?
2. Jaki wpływ ma liczba powtórzeń na oszacowany wynik niepewności w badaniach weryfikacyjnych? Czy zostało to sprawdzone dla wartości większych niż 2000?
3. Czy uzyskane w badaniach weryfikacyjnych rozbieżności między symulowaną niepewnością pomiarową a niepewnością uzyskaną metodą wielopozycyjną (tabele 16-18) autor ocenia jako duże i znaczące? Z czego one wynikają? Jak można by je zredukować?
4. Czy do prognozowania symulowanej niepewności pomiarowej, w opinii autora, można byłoby wykorzystać techniki sztucznej inteligencji (AI), np. sztuczne sieci neuronowe czy algorytmy genetyczne?

### 3. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska niewątpliwie zawiera nową wiedzę uzyskaną w wyniku zaplanowanych i przeprowadzonych przez doktoranta eksperymentów badawczych, poprzedzonych analizą literaturową oraz rozbudowaną częścią metodyczną. Badania oraz prace opisane w rozprawie, ich rezultaty oraz interpretacja stanowią dobrą podstawę aby uznać, iż doktorant ma bardzo dużą wiedzę i doświadczenie praktyczne w dziedzinie oraz potrafi skutecznie planować i prowadzić badania naukowe (zarówno podstawowe, jak i stosowane) w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych i w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, w której aplikuje on o stopień naukowy doktora.

Dodatkowo, uważam, że jego praca może być wydana w formie monografii Politechniki Krakowskiej po uwzględnieniu moich uwag zawartych w niniejszej recenzji oraz korekcie edytorskiej ze względu na pojawiające się w pracy błędy stylistyczne i redakcyjne.

Zatem w świetle dokonanej analizy i sformułowanych ocen stwierdzam, że rozprawa Pana mgr inż. Macieja Gruzy pt. „Symulacyjny model dokładności pomiaru realizowanego laserowymi systemami nadążnymi” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. Nr 65 poz. 595 z późn. zm.) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki, w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie **inżynieria mechaniczna**. W związku z tym **wniosuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Macieja Gruzy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Biorąc pod uwagę wysokie walory poznawcze i potencjalnie wdrożeniowe pracy, duży – w mojej opinii – poziom naukowy oraz szeroki zakres przeprowadzonych eksperymentów, jak i warsztat naukowy doktoranta, pomimo uwag krytycznych (odnoszących się głównie do układu pracy i strony redakcyjnej), wniosuję o wyróżnienie rozprawy.

Filip Górski