

dr hab. inż. Andrzej ŻAK, prof. AMW  
Wydział Mechaniczno-Elektryczny  
Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni

Gdynia, dn. 11.09.2023

**S E K R E T A R I A T**  
Rady Dyscypliny AEEITK

18. 09. 2023

Wpłynęło dnia .....

Zarejestrowano pod nr .....

Podpis ..... *jm*

### Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Piotra RECZKA

p.t. „Nowe metody rozpoznawania gestów 3D bez użycia kamer, w aplikacjach w branży motoryzacyjnej”

Promotor: dr hab. inż. Andrzej MŁYNIEC, prof. AGH

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Andrzej WETULA

Recenzja wykonana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie z dnia 06.07.2023 roku.

### Ocena problematyki pracy

Postęp technologiczny przyczynił się do znaczącego rozwoju między innymi systemów komunikacji człowieka z maszyną. W tym obszarze szczególnym przypadkiem jest branża motoryzacyjna, która wyróżnia się ze względu na specyficzne uwarunkowania pozyskiwania danych (środowisko samochodu), jak również pewne ograniczenia w zakresie absorbowania uwagi użytkownika. Wraz z postępującą możliwością identyfikacji gestów użytkownika wykonywanych w pewnej ograniczonej przestrzeni 3D bez konieczności zakładania dodatkowych czujników na ciało. Rozwiązanie to jest szczególnie doceniane przede wszystkim ze względu na wyeliminowanie konieczności naciskania przycisków, co angażuje uwagę kierowcy i odwracając go od obserwacji sytuacji na drodze i może mieć potencjalnie katastrofalne skutki. Obecnie najbardziej popularne rozwiązania w zakresie rozpoznawania gestów bazują na systemach wizyjnych. Niestety to rozwiązanie ma swoje ograniczenia, które przejawiają się szczególnie w postaci stosunkowo wysokich kosztów urządzenia, jak również wymagają mocy obliczeniowej do przetwarzania obrazów w sposób ciągły w czasie rzeczywistym. Dlatego też poszukiwane są inne rozwiązania w zakresie systemów rozpoznawania gestów. Niezależnie od wykorzystanej technologii jednym z głównych wymagań dla takiego systemu jest duża skuteczność poprawnego rozpoznawania poszczególnych gestów. W tym zakresie, bazując na doświadczeniach z zastosowań w innych obszarach, wydaje się, że jednym z obiecujących kierunków jest fuzja danych z różnych systemów.

Niniejsza praca doktorska znakomicie wpisuje się w ten obszar badań i wypełnia istniejącą lukę w zakresie praktycznych rozwiązań problemu.

W ocenianej pracy, Autor trafnie i jasno sformułował tezę pracy, że „fuzja danych z dwóch systemów pozwoli na uzyskanie lepszych rezultatów niż w przypadku wykorzystania każdego z nich osobno” oraz, że „fuzja danych pozwoli na osiągnięcie lepszych resulta-

tów w przypadku większej liczby gestów". Weryfikacja tak postawionej tezy odbywała się poprzez realizację trzech głównych zadań a mianowicie opracowanie, zbudowanie i przeprowadzenie badań poprawności działania systemu rozpoznawania gestów wykorzystującego czujniki pojemnościowe, systemu rozpoznawania gestów wykorzystującego radar oraz systemu dokonującego fuzji danych z systemu pojemnościowego i radarowego.

Z punktu widzenia walorów poznawczych i praktycznych należy uznać, że tematyka recenzowanej pracy doktorskiej jest ważna i aktualna. Praca ma charakter wdrożeniowy w związku, z tym ukierunkowana jest na praktyczne rozwiązanie określonego problemu. Według mojej oceny mieści się ona w dziedzinie nauk inżynierjno-technicznych w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne w szczególności spełnia oczekiwania jakie stawia się tematom prac doktorskich w tej dyscyplinie.

### **Analiza rozprawy doktorskiej**

Oceniana rozprawa doktorska przygotowana przez mgr inż. Piotra Reczki dotyczy zastosowania systemu pojemnościowego i radarowego oraz fuzji danych z dwóch systemów obserwacji, do rozpoznawania gestów 3D dla potrzeb branży motoryzacyjnej.

Praca zawiera siedem rozdziałów w tym wstęp i podsumowanie oraz możliwe dalsze kierunki rozwoju, a także streszczenie, streszczenie w języku angielskim, podziękowania, bibliografię. Przedstawiona została na 117 stronach, z czego 102 strony to treść części zasadniczej rozprawy. Wykaz cytowanej literatury liczy 90 pozycji. Struktura ocenianej rozprawy jest poprawna, rozdziały są spójne tematycznie co zapewnia dobrą czytelność rozprawy.

**Rozdział 1 „Wstęp”**, zawarty na nieco ponad 1 stronie, stanowi bardzo skrótowe wprowadzenie w problematykę pracy, a w szczególności wyjaśnienie znaczenia i zastosowania pozawerbalnych sposobów komunikacji, a także wskazanie najbardziej powszechnej technologii w tym zakresie a mianowicie systemów wizyjnych oraz prekursora systemów detekcji gestów którym była rękawica zakładana przez użytkownika.

**Rozdział 2 „Przegląd literatury oraz istniejących rozwiązań”** zawarty na 34 stronach jest wynikiem analizy obecnego stanu wiedzy dokonanej na podstawie przeglądu dostępnej literatury dotyczącej poruszanych w pracy zagadnień wprowadza czytelnika w tematykę najróżniejszych systemów rozpoznawania gestów oraz fuzji danych. Autor w swoich rozważaniach skupia się przede wszystkim na aspektach związanych z systemami umożliwiającymi zastosowanie w branży motoryzacyjnej, która stawia określone wymagania. Przez pryzmat publikacji naukowych i rozwiązań technicznych omawia systemy wizyjne, pojemnościowe, podczerwieni, radarowe, ultradźwiękowe oraz przytwierdzone do ręki. Dla poszczególnych systemów wskazuje ich cechy charakterystyczne, a także potencjalne zastosowanie praktyczne. Dalej Autor omawia problem fuzji danych pochodzących z różnych systemów i na podstawie literatury omawia różne metody i podejścia.

**Rozdział 3 „Cel i zakres pracy”**, zawarty na 2 stronach, to przede wszystkim wskazanie szeregu wymagań jakie musi spełniać projektowany system, wytypowanie technologii które mogły by te wymagania spełnić, jak również wskazanie technologii badanych w dalszej części pracy, które zostały wytypowane ze względu na swoje cechy wskazywane w poprzednim rozdziale. Autor w tej części przedstawił również zawartość poszczególnych rozdziałów oraz

postawił tezę. Niestety w rozdziale tym zabrakło jednego z istotniejszych elementów a mianowicie określenia celu pracy.

**Rozdział 4 „System do rozpoznawania gestów oparty o czujniki pojemnościowe”** przedstawiony na 28 stronach zawiera opis autorskiego rozwiązania pozwalającego na wykrywanie gestów w trzech wymiarach. Autor przedstawił warstwę sprzętową rozwiązania omawiając konfigurację elektrod nadawczo-odbiorczych, układ przetwarzający sygnały analogowe oraz układ mikroprocesorowy stanowiący wyjście do systemu nadrzędnego – komputera. W rozdziale tym wykonano badania i dokonano oceny, ze względu zmniejszenie czułości systemu, możliwości zastosowania różnych materiałów stanowiących zabudowę elektrod. W dalszej części przedstawiony został algorytm wykrywania rozpoczęcia wykonywania gestu i akwizycji kolejnych próbek, a następnie model sieci neuronowej, którego zadaniem było rozpoznanie gestów. Autor wykorzystał spłotowe sieci neuronowe przeznaczone do klasyfikacji przebiegów czasowych. Dalej zaprezentowano proces akwizycji danych, w tym również zastosowane techniki rozszerzania zestawu danych uczących oraz testowych wraz z wizualizacją przebiegów. Omówiony został w szczególności proces uczenia zaprojektowanej sieci neuronowej. Autor poprzez porównanie z innymi funkcjami kosztu zastosował kategorię entropię krzyżową oraz jako algorytm optymalizacji modelu wybrał adaptacyjną estymatę momentu. Wybór został uzasadniony kosztami w funkcji liczby iteracji dla różnych algorytmów optymalizacji. Podał parametry modelu optymalizującego oraz przedstawił wartości błędów modelu dla uczenia systemu zainstalowanego w samochodzie. Autor w rozdziale tym omówił również sposób konwersji modelu neuronowego dla potrzeb uruchomienia na mikrokontrolerze. W dalszej części została omówiona implementacja i testy systemu pojemnościowego w samochodzie. Autor przedstawił także ciekawe, autorskie rozwiązanie wykorzystujące czteroosiowy manipulator do automatyzacji procesu akwizycji danych uczących i testowych dla modelu neuronowego. Potrzeba ponownego pozyskania danych niezbędnych do treningu modelu neuronowego wynikała z obserwacji iż dla systemu zabudowanego w środowisku docelowym – samochodzie rejestrowane przebiegi znacznie różniły się od tych zarejestrowanych w warunkach laboratoryjnych. Przydatność manipulatora została potwierdzona poprzez porównanie uzyskiwanych sygnałów z sygnałami dla gestów wykonywanych przez człowieka. Wysoka powtarzalność ruchu manipulatora, niekorzystana z punktu widzenia prowadzonych badań, została rozstrojona poprzez wprowadzenie pewnej losowości w trajektorii ruchu. Na zakończenie Doktorant zaprezentował wyniki klasyfikacji gestów.

**Rozdział 5 „System do rozpoznawania gestów oparty o radar”** zawarty na 27 stronach przedstawia rozwiązanie wykorzystujące radar z falą ciągłą z modulacją częstotliwościową. Autor rozpoczął od omówienia warstwy sprzętowej rozwiązania opisując układ anten, układ sterujący radarem oraz układ procesora stanowiący wyjście dla systemu nadrzędnego – komputera. Dalej omówiony zostało rozwiązanie w aspekcie możliwości wyznaczania kierunku, odległości i prędkości obiektu znajdującego się w zasięgu oddziaływania radaru. W tym celu doktorant po przedstawieniu układu sterującego radarem omówił sposób określania odległości i prędkości bazujący na sygnałach świergotowych (chirp) wskazując na odpowiednie zależności między sygnałami oraz podając zależności matematyczne. W dalszej części zostały podane parametry pracy radaru oraz dokonano ich dyskusji w aspekcie wpływu na możliwości wykrywania gestów. Wyznaczone parametry takiej jak maksymalny zasięg, rozdzielczość pomiaru odległości, maksymalna prędkość z jaką porusza się obiekt oraz rozdzielczość pomiaru prędkości pozwoliły na ocenę adekwatności dobranych parametrów do zastosowania do wykrywania gestów 3D. Dalej Doktorant w szczególności omówił algorytm

przetwarzania wstępnych pozyskiwanych z radaru danych prowadzący do wyznaczenia odległości, prędkości i kąta dla pojedynczego cyklu pomiarowego. W przedstawionym algorytmie Autor wykorzystał: algorytm wskaźnika ruchomego celu, okienkowanie z wykorzystaniem okna Blackmana-Harrisa, algorytm cyfrowego formowania wiązki. Przygotowane dane były następnie podawane na wejście modelu neuronowego. Autor wykorzystał w tym przypadku taki sam model neuronowy jak dla systemu pojemnościowego.

**Rozdział 6 „Fuzja danych z systemów pojemnościowego oraz radarowego”** zawarty na 7 stronach porusza problem łączenia danych z dwóch systemów pomiarowych tj. pojemnościowego i radarowego. Omówiony został problem synchronizacji czasowej pozyskiwanych informacji z obu systemów jak również dopasowania rozmiaru pozyskiwanych danych. Fuzję przeprowadzono w modelu dane i cechy na wejściu - decyzja na wyjściu. Żeby to zrealizować Doktorant zaprojektował sieć neuronową w takiej samej architekturze jak omówiona w poprzednich rozdziałach. Dalej Autor opisał proces uczenia i testowania systemu. Na zakończenie rozdziału przedstawił zagregowane wyniki ukazujące skuteczność rozpoznawania pięciu i siedmiu gestów osobno dla systemu radarowego i pojemnościowego oraz systemu z fuzją danych z obu systemów. Przeprowadzono również dyskusję uzyskanych wyników oraz wskazano dowód na słuszność przyjętej w rozprawie tezy.

**Rozdział 7 „Podsumowanie oraz możliwe dalsze kierunki rozwoju”** w rozdziale tym Doktorant odniósł się do zakresu rozprawy doktorskiej oraz przedstawił główne osiągnięcia z realizacji pracy. Krótko podsumował wykonane zadania a następnie na podstawie zidentyfikowanych niedoskonałości wskazał na potencjalne możliwości udoskonalenia systemu.

### Uwagi szczegółowe

Rozprawa doktorska została przygotowana z dużą starannością jednakże Autor nie ustrzegł się pewnych błędów, w tym językowych oraz edycyjnych jak np.:

- strony 12, 19, 20, 21: Brak rozwinięcia skrótu przy pierwszym użyciu;
- strona 31: niewłaściwe oznaczenie końca linii tekstu;
- strona 45: błędy językowe „... najczęściej na poziomie najniższym poziomie abstrakcji ...” oraz „Najczęściej o określaniu stanu systemu ...”;
- strona 48 (8-7 linia od dołu): powtórzenie oraz niewłaściwe odwołanie do rysunku;
- strona 53: błąd językowy „... który został był cyklicznie...”;
- strona 68 (3 linia od góry): odwołanie do niewłaściwego rysunku;
- strona 78: powtórzenia „...jest to przybliżenie wynikające z przybliżenia wartości...”;
- strona 88: błąd stylistyczny „...możliwe jest natychmiastowe zobaczenie wpływu...”;
- strona 92: błąd stylistyczny „Operację przedstawiono na wyrażeniach ...”;
- strona 96: literówka „... określający sopieńodejmowania tła.”;

Miejscami Doktorant stosuje język potoczny jak np. na str. 16 „... nóżka połączona z elektrodą...”. Prezentowane rysunki są czytelne i bardzo dobrej jakości. Przyjęty sposób formatowania tekstu sprawia że pracę czyta się z dużą łatwością. Wskazywane powyżej drobne mankamenty, nie mają wpływu na ogólną ocenę końcową.

## Ocena merytoryczna rozprawy

Autor rozprawy podjął próbę opracowania systemu rozpoznawania gestów oraz zastosowania fuzji danych z dwóch systemów pomiarowych w celu poprawy skuteczności prawidłowej identyfikacji. Realizując zadania badawcze Doktorant określił obecny stan wiedzy a następnie, określając wymagania, wytypował dwie technologie a mianowicie system pojemnościowy i radarowy, które mają największy potencjał do zastosowania w branży motoryzacyjnej, a dokładnie w środowisku samochodu. Autor uznając, że najistotniejszym wskaźnikiem dla projektowanych systemów jest poprawność identyfikacji gestów postanowił wykorzystać fuzję danych z obu rozwiązań w celu zwiększenia poprawności rozpoznawania gestów, a także zwiększenia liczby rozpoznawanych gestów bez znacznego zmniejszenia prawidłowej identyfikacji. W pracy Autor do identyfikacji poszczególnych gestów wykorzystał splotowe sieci neuronowe przeznaczone do klasyfikacji przebiegów czasowych, co jest w pełni zasadne przy obecnym stanie wiedzy. Ponieważ praca ma charakter wdrożeniowy zostało w niej rozpatrzonych i rozwiązanych wiele praktycznych problemów. Jako przykład można tutaj wskazać chociażby badanie wpływu różnych materiałów jako potencjalna zabudowa czujników, wpływ środowiska samochodu na działanie systemu, implementacja modelu neuronowego w ograniczonych zasobach systemu mikroprocesorowego, przetwarzanie sygnałów radarowych na potrzeby określenia parametrów ruchu obserwowanego obiektu. Dodatkowo zaproponował metodę automatyzacji procesu pozyskiwania danych z systemu pojemnościowego z wykorzystaniem czteroosiowego manipulatora. Manipulator, dzięki opracowaniu układu elektronicznego symulującego impedancję ludzkiej ręki oraz wprowadzeniu pewnej losowości w trajektorii ruchu z powodzeniem imitował wykonywanie gestów przez użytkownika. Ciekawym byłoby przedstawienie porównania uzyskanych wyników pomiaru sygnałów z systemu pojemnościowego dla ludzkiej ręki i opracowanego układu symulującego ludzką rękę, ale niestety Autor nie zamieścił takich wyników w pracy. Zaprojektowane rozwiązania zostały zaimplementowane i przebadane w warunkach laboratoryjnych jak również częściowo (system pojemnościowy) w warunkach środowiska docelowego – samochodu. W związku z tym po lekturze pracy pozostaje pewien niedosyt szczególnie w zakresie szczegółowych wyników działania systemu radarowego w warunkach laboratoryjnych oraz w środowisku docelowym tj. samochodzie. Z przeprowadzonych badań wynika istotny wniosek a mianowicie, że zmiana środowiska wykorzystania w przypadku systemu pojemnościowego znacząco wpływa na sposób jego działania. Badania weryfikacyjne potwierdziły poprawność przyjętego rozwiązania i udowodniły postawioną tezę. W związku z tym należy uznać, że Autor rozwiązał postawiony problem używając właściwych metod, co świadczy, że posiada wiedzę, umiejętności i kompetencje społeczne niezbędne do prowadzenia badań naukowych. Na szczególne podkreślenie zasługuje bardzo dobra znajomość literatury przedmiotu obejmującą najnowsze osiągnięcia, oraz bardzo dobre przygotowanie Doktoranta, związane z umiejętnościami syntezy wiedzy oraz umiejętnościami projektowania elektroniki, programistycznymi, przetwarzania sygnałów oraz tworzenia modeli neuronowych co umożliwiło opracowanie rozwiązania, które zostało wdrożone w przemyśle.

Wymiernym efektem uzyskanym w pracy są przede wszystkim dwa systemy rozpoznawania gestów bazujące na czujnikach pojemnościowych oraz radarze a także system umożliwiający fuzję danych z czujników pojemnościowych i radaru i na tej podstawie identyfikujący gesty z większą skutecznością. Do oryginalnych osiągnięć autora należy zaliczyć przede wszystkim zastosowanie w swoich rozwiązaniach modeli neuronowych oraz ich implementacja w ograniczonym zasobowo systemie mikroprocesorowym. Ponadto należy wskazać iż

Doktorant realizując pracę doktorską opracował rozwiązanie wykorzystujące czteroosiowy manipulator do automatyzacji procesu akwizycji danych uczących i testowych dla modelu neuronowego. Autor przeprowadził również analizę obecnego stanu wiedzy w obszarze rozwiązań rozpoznawania gestów 3D w środowisku samochodu. Ponadto dokonał badań w zakresie przydatności różnego rodzaju materiałów do zabudowy czujników pojemnościowych w projektowanym rozwiązaniu, w kontekście czułości systemu. Istotnym, oryginalnym elementem pracy są wyniki badań zastosowania opracowanych systemów potwierdzające skuteczność i przydatność przyjętego rozwiązania w tym również w scenariuszach działania w samochodzie. Validacja rozwiązania bazowała na badaniach statystycznych pozyskanych dla wyselekcjonowanej grupy użytkowników, przy czym zbiór pozyskanych danych był na tyle obszerny, że można go uznać za reprezentatywny.

Część wyników prac przeprowadzonych w ramach przewodu doktorskiego została upowszechniona w publikacji naukowej wydanej w roku 2023.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, iż opracowane w ramach doktoratu rozwiązanie było tworzone z myślą o praktycznym zastosowaniu w branży motoryzacyjnej. Należy uznać, że nadrzędny cel stawiany przed doktoratami wdrożeniowymi, a mianowicie opracowanie kompletnego praktycznego rozwiązania gotowego do zastosowania w przemyśle i zwiększająca przewagę rynkową firmy wdrażającej, został osiągnięty. Potwierdzeniem tego jest włączenie opracowanego systemu do portfolio produktowego firmy Merit, która to jest globalnym dostawcą złożonych modułów mechatronicznych i przełączników dla przemysłu motoryzacyjnego, jako rozwiązania kompatybilnego z obecnie oferowanymi produktami.

Przedstawiona do recenzji praca bezsprzecznie wskazuje, że Autor posiada wiedzę w stopniu umożliwiającym rewizję istniejących paradygmatów, a także umiejętności praktyczne i kompetencje społeczne charakterystyczne dla dziedziny nauk inżyniersko-technicznych w obszarze automatyki, elektroniki, elektrotechniki i technologii kosmicznych.

Pod względem edycyjnym jak i stylistycznym, praca nie budzi większych zastrzeżeń. Praca jest w przeważającej większości wolna od błędów językowych, stylistycznych i tzw. literówek, rysunki są czytelne a ich jakość jest bardzo dobra. Przedstawiane wzory i rysunki bardzo dobrze uzupełniają i w znaczący sposób ułatwiają zrozumienie prezentowanego rozwiązania. Oceniam poziom pracy jako bardzo dobry i spełniający w całym zakresie wymagania stawiane przed rozprawami doktorskimi. Autor wykazał się umiejętnością formułowania tezy, znajomością metodyki prowadzenia badań naukowych oraz zdolnością do wyciągania wniosków, popartą znajomością wiedzy w obszarach objętych przedstawioną rozprawą. W tym miejscu należy stwierdzić, że autor zrealizował badania osiągając potwierdzenie postawionej tezy.

Czytając pracę można sformułować również pytania wymagających wyjaśnienia, a mianowicie:

- Autor w swojej pracy pomimo wydzielenia rozdziału „Cel i zakres pracy” nie sformułował celu pracy, a podał jedynie tezę. Bardzo proszę o wskazanie celu pracy.
- W rozdziale 4.2.2 Autor wskazuje, że „Jeśli wartość maksymalna spośród wszystkich kanałów spadnie poniżej wartości progowej, pomiar jest zatrzymywany”. Bardzo proszę o wyjaśnienie w jaki sposób ustalana jest wartość progowa, o której mowa w przywołanym fragmencie.
- W rozdziale 4.9 Autor stwierdza, że „... ruch przystosowanego efektora nad obszarem elektrod pozwala na uzyskanie zbliżonych sygnałów wejściowych tak jak w przypadku wykonywania gestów przez człowieka”. Jeżeli autor dysponuje wynikami pomiarów to bardzo proszę o przedstawienie przykładowego przebiegu czasowego zarejestrowanych

sygnałów dla tego samego gestu wykonywanego przez człowieka i wykorzystany w pracy manipulator.

- Autor w tabeli 5 przedstawia wyniki klasyfikacji gestów użytkowników dla modelu nauczonego z wykorzystaniem danych z manipulatora. Bardzo proszę o wyjaśnienie znaczenia tych danych tj. co oznaczają poszczególne wartości, a także w jaki sposób wyznaczono wartości zawarte w wierszu i kolumnie oznaczonej „Suma”. W związku z wynikami przedstawionymi w tabeli 5 nasuwa się jeszcze jedno pytanie, a mianowicie zestawiono w niej wyniki dla 5 gestów, zaś w dalszej części pracy jest mowa również o 7 gestach (przedstawiono wynik ogólny w tabeli 7) jak wyglądają wyniki dla pozostałych dwóch gestów (zgodnie z opisem i rysunkiem 71 ruchy kołowe zgodnie i przeciwnie do wskazówek zegara).
- W pracy Autor nie zawarł szczegółowych wyników klasyfikacji gestów dla systemu radarowego, a jedynie zaprezentowano ogólny wynik (tabela 7). Czy Autor dysponuje wynikami szczegółowymi dla systemu radarowego, jeżeli tak to proszę o ich przedstawienie i krótkie omówienie. Proszę również o informację odnośnie sposobu pozyskania danych, tj. czy tutaj również został użyty manipulator jak w przypadku systemu pojemnościowego. Jeżeli wyniki pochodzą z badania laboratoryjnego, to czy Autor spodziewa się uzyskania innych wyników w związku z zabudowaniem systemu w samochodzie?
- Zgodnie z informacją zawartą w pracy system pojemnościowy został zabudowany w docelowym środowisku tj. samochodzie, zaś radarowy nie. W związku z tym powstaje pytanie o możliwości fuzji danych pochodzących z obu systemów. Proszę o potwierdzenie lub ewentualną korektę mojego domniemania, a mianowicie rozumiem, że wyniki poprawności działania, zestawione w tabeli 7, systemu pojemnościowego pochodzą z badania w środowisku docelowym (samochodzie), zaś z systemu radarowego z badań laboratoryjnych. Jeżeli tak to proszę o doprecyzowanie czy badania nad systemem fuzji danych były prowadzone jedynie w warunkach laboratoryjnych. Jeżeli tak, to proszę o komentarz odnośnie przewidywań, co do zmian w uzyskanych wynikach po zamontowaniu systemu w samochodzie.

## Konkluzja

Biorąc pod uwagę omówione i ocenione wyżej rezultaty rozprawy doktorskiej stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra inż. Piotra RECZKA pt. „Nowe metody rozpoznawania gestów 3D bez użycia kamer, w aplikacjach w branży motoryzacyjnej” spełnia wymagania stawiane przez stosowne przepisy rozprawom doktorskim. Wnioskuje zatem o dopuszczenie Pana mgra inż. Piotra RECZKA do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Gdynia dn. 11.09.2023 r.



.....





Gdynia, 11.09.2023

dr hab. inż. Andrzej Żak, prof. AMW

Akademia Marynarki Wojennej  
ul. inż. J. Śmidowicza 69, 81-127 Gdynia

email: a.zak@amw.gdynia.pl  
tel.: 691 999 318

**dr hab. inż. Ryszard Sroka, prof. AGH**

**Przewodniczący Rady Dyscypliny  
Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika  
i Technologie Kosmiczne**

**Akademia Górniczo-Hutnicza**

**al. A. Mickiewicza 30**

**30-059 Kraków**

*Szanowny Panie Profesore,*

Zgodnie z pismem z dnia 06.07.2023 w załączeniu przesyłam recenzję rozprawy doktorskiej mgra inż. Piotra Reczka pt. „Nowe metody rozpoznawania gestów 3D bez użycia kamer, w aplikacjach w branży motoryzacyjnej”. Załączam również pozostałe dokumenty o których mowa ww. piśmie.

W razie uwag pozostaję do dyspozycji.

*Z wyrazami szacunku*

*P. Żak*

