


prof. dr hab. inż. Zdzisław Kowalczyk  
profesor zwyczajny  
Katedra Systemów Decyzyjnych i Robotyki  
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki  
Politechnika Gdańska  
ul. Narutowicza 11/12  
80-233 Gdańsk

25 stycznia 2025

**SEKRETARIAT**  
Rady Dyscypliny AEEITK

Wpłynęło dnia ..... 03. 02. 2025  
Zarejestrowano pod nr ..... 510-7-6/24  
Podpis ..... 

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ  
DLA RADY DYSCYPLINY  
AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA I ELEKTROTECHNIKA I TECHNOLOGIE  
KOSMICZNE  
AKADEMII GÓRNICZO-HUTNICZEJ  
W KRAKOWIE**

PhD Thesis: **“Radar sensor calibration and auto-calibration algorithms for AS and AD systems”**  
Tytuł rozprawy: **”Algorytmy kalibracji i auto-kalibracji sensorów radarowych dla systemów aktywnego bezpieczeństwa i autonomicznej jazdy”**  
Autor rozprawy: **mgr inż. Rafał Michał Burza**  
Promotor: **dr hab. inż. Krzysztof Duda**  
Promotor pom.: **dr hab. inż. Dariusz Borkowski**

Wydział Elektrotechnik, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej  
AGH, 30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30

**1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrywane w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Przedmiotem rozprawy doktorskiej poddanej recenzji jest problem ważny społecznie, cywilizacyjnie i technicznie, który dotyczy projektowania bezpiecznych systemów autonomicznego prowadzenia pojazdów.

Współczesną cywilizację charakteryzuje rosnący stopień automatyzacji i komputeryzacji/digitalizacji. Wszelkie procesy zarządzania i kontroli nadzorujące różne instalacje przemysłowe i inne obiekty znajdujące się w naszym otoczeniu, takie jak pojazdy drogowe, podlegają temu trendowi.

Inżynierowie nieustannie myślą o agencie kierowcy, który będzie w stanie w pełni autonomicznie kontrolować pojazd. W robotyce i w przemysłowym środowisku statycznym zaplanowany ruch pojazdów mobilnych jest organizowany od dawna. Jednak w odniesieniu do dynamicznego środowiska, które obejmuje drogi publiczne, należy zastosować znacznie wyższą inteligencję, wiedzę i umiejętności, a ostatecznie możliwości autonomizacji, aby zapewnić efektywny i bezpieczny ruch pojazdów.

Zaawansowane systemy wspomaganie kierowcy (ADAS), a także autonomiczna jazda (AD), okazały się dużym wyzwaniem w rozwoju przemysłu motoryzacyjnego. Wdrożeniu pojazdów na piątym poziomie autonomii (AD), które nie wymagają od kierowcy udziału w sterowaniu pojazdem niezależnie od warunków drogowych, sprzyja

postęp w produkcji mikroprocesorów, które osiągają coraz większą moc obliczeniową. Ponadto w zakresie służebnej elektroniki samochodowej pojawiają się nowe (korzystne pod względem wymiaru i kosztów) rozwiązania, takie jak radary ze zintegrowanymi antenami (w jednym układzie scalonym). Wszystko to pozwala myśleć pozytywnie o możliwościach implementacji projektowanych systemów sterowania samochodem.

Statystyki i badania dotyczące ruchu pojazdów publicznych pokazują, że większość wypadków jest spowodowana błędami kierowców, rozproszeniem uwagi oraz wpływem alkoholu lub zmęczenia. Dlatego uważa się, że systemy ADA(S), a w dłuższej perspektywie systemy AD(S), które nie powodują dominujących błędów ludzkich, zwiększą poziom bezpieczeństwa na drodze i zmniejszą liczbę wypadków.

Głównym wyzwaniem takiego rozwiązania jest niestety rezygnacja z ludzkiej inteligencji i wiedzy, które pozwalają na bezpieczną jazdę. W takiej sytuacji inżynier staje przed złożonym zadaniem zbudowania inteligentnego robota, dodatkowo narażonego na wiele zagrożeń, w tym koszty finansowe decyzji projektowych. Tak trudna i ekonomicznie ważna kwestia wymaga wielu badań oraz zgody społecznej w odniesieniu do warunków bezpieczeństwa i gwarancji, że pojazdy ADS je spełnią.

Ważnym elementem w rozwiązaniu tego problemu są też inteligentne systemy transportowe (ITS) wykorzystujące łącza bezprzewodowe, które dostarczają pojazdom autonomicznym wiarygodnych i niezawodnych informacji służących ostrzeganiu i unikaniu kolizji.

Ogólnie postęp technologiczny w dziedzinie fizyki, elektroniki, mechatroniki, technik komputerowych i programowania, a także nowe technologie wykorzystywane w budowie samochodów (w tym przypadku zintegrowane systemy radarowe) stanowią zachętę do rozwijania i pogłębiania koncepcji ADA/AD oraz ciekawe wyzwanie dla inżynierów projektujących tego typu systemy.

Teza badawcza została formalnie przedstawiona w postaci odrębnego jednozdaniowego, jednoakapitowego podrozdziału, mówiącego, że:

*Możliwe jest za implementowanie algorytmu automatycznej kalibracji radaru, który bazując na punktowych detekcjach radarowych, spodziewanym kącie montażu sensora oraz informacji o kinematyce pojazdu, będzie w stanie wyznaczyć trójosiowy błąd kątowy montażu i wykorzystać go do korekty pomiarów przy zachowaniu złożoności obliczeniowej, pozwalającej na wykonanie algorytmu na wbudowanym procesorze radarowym.*

Przedstawiona teza jest sformułowana w sposób jasny i wystarczająco szczegółowy; zaś w świetle stanu wiedzy, znanych osiągnięć technologicznych i dostępnych wyników badań naukowych jest ona uzasadniona, aktualna i ważna dla praktyki przemysłowej.

Prezentowana rozprawa ma charakter teoretyczno-eksperymentalny i technologiczny i w swojej istocie koncentruje się na praktycznym wykorzystaniu metod jawnych (matematycznych) i metod czarnej skrzynki (sztucznej inteligencji) w projektowaniu systemów AD/ADA, ich implementacji i walidacji eksperymentalnej.

Biorąc pod uwagę techniczno-inżynierskie, duże znaczenie przemysłowe rozpatrywanego zagadnienia projektowania zaawansowanych systemów radarowych służących do sterowania lub wspomagania kierowcy (ADS/ADAS), przedmiot rozprawy doktorskiej Pana Rafała Burzy należy zaliczyć do ważnych pod względem społeczno-ekonomicznym i naukowo-technicznym.

**2. Czy w rozprawie przeprowadzono analizę źródeł we właściwy sposób (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle), świadczący o dostatecznej wiedzy autora? Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?**

Autor dysertacji zastosował niespotykane obszerne wprowadzenie mieszczące się w rozdziałach 1-7, a dotyczące tematyki kalibracji radaru i autokalibracji. Rozdziały 2-4 stanowią ogólne wprowadzenie do tematu aktywnego bezpieczeństwa, podczas gdy rozdziały 5-7 opisują kwestie techniczne związane z fuzją wieloczuJNIKOWĄ i radarami oraz zagadnienie optymalizacji.

Rozdział 2, dotyczący zarysu historycznego, został wykorzystany przez Autora do przedstawienia zasadności podjętych badań naukowych.

Rozdział 3 wprowadza w tematykę ADAS, opisuje zależność rozważanych funkcjonalności od jakości niezbędnych do ich działania elementów wykonawczych i czujników oraz trendy w rozwoju systemów aktywnego bezpieczeństwa z uwzględnieniem komunikacyjnej sieci transportowej.

Rozdział 4 wyjaśnia poziomy autonomii i architekturę autonomicznych systemów napędowych, w tym warstwy percepcji, decyzji, działania i nadzoru, a także potencjalne błędy, które mogą wystąpić podczas takiej jazdy.

Rozdział 5 wprowadza koncepcję fuzji wielosensorowej (podstawowa funkcjonalność ADS/ADAS), przedstawiając model fuzji danych oraz związane z nim operacje wzbogacania (obiektów i sytuacji), przy użyciu scentralizowanej, rozproszonej lub hybrydowej architektury.

Rozdział 6 obejmuje podstawy budowy radaru samochodowego, dotyczące anteny radarowej i przetwarzania sygnału (w radarach z falą ciągłą o modulacji częstotliwości, FMCW): od odebranego sygnału radiowego do wykrytego obiektu.

Rozdział 7 omawia popularne sposoby optymalizacji: metody bezgradientowe (simpleks Hooke'a-Jeevesa i Nelder-Mead) i metody gradientowe (największego spadku, nieliniowe najmniejsze kwadraty i nieliniowe całkowite najmniejsze kwadraty).

Rozdział 8 najpierw omawia metody kalibracji radaru i autokalibracji (w tym metody dostrajania fizycznego i algorytmiczne metody kalibracji statycznej i dynamicznej oraz kalibracja na torze i po fakcie). W drugiej części analizuje wpływ błędów orientacji radaru na systemy ADA/AD oraz syntetyzuje oryginalne formuły/procedury i analizuje wpływ przekoszenia/ustawienia na parametry oraz funkcjonalności systemu ADA/DA.

Rozdział 9 opisuje autorskie metody kalibracji statycznej przy użyciu wychylanej płyty stalowej, które obejmują też autorskie rozwiązania problemów: pomiarów odstających (przy użyciu iteracyjnej średniej odpornej), kalibracji radaru w trzech osiach z kompensacją prędkości oraz trójosiowego szacowania błędów orientacji ze współczynnikiem kompensacji prędkości (przy braku pomiaru elewacji wykrycia).

Rozdział 10 opisuje wykorzystane dane i proponowaną sieć neuronową (do wstępnej walidacji danych testowych), a także metody wzbogacania danych otwartego zbioru o syntetyczny „pomiar” kąta elewacji.

Rozdział 11 przedstawia autorski wybór kluczowych wskaźników jakości (KPI), które pozwalają na ocenę poprawności algorytmów pomimo braku informacji o oczekiwanych kątach korekcji detekcji. Podano też metodę odniesienia i przedstawiono wyniki zastosowania rozważanych metod na danych rzeczywistych i syntetycznych.

Rozdział 12 zawiera podsumowanie przeprowadzonych prac, wnioski odnoszące się do założonej tezy badawczej oraz potencjalne kierunki dalszych badań.

Ogólnie zastosowane strukturalne rozwiązanie rozprawy i opis proponowanej metodologii nie budzą specjalnych wątpliwości (rozdział 8 niepotrzebnie łączy ze sobą części przeglądową i wkład własny). Nakreślenie ram badawczych i przejrzystość reportu są na poziomie akceptowalnym.

Doktorant bardzo trafnie przeprowadził analizę światowych źródeł literaturowych w zakresie wyników naukowych w przedmiotowej dziedzinie. Poza wymienionymi dalej drobnymi usterkami redakcyjnymi (w sposobie prezentacji), osiągnięte wyniki oraz wnioski zaczerpywane z bibliograficznych źródeł nie budzą zastrzeżeń, tj. Autor poprawnie posługuje się obszernie cytowanymi odniesieniami literaturowymi. Całość zgromadzonego materiału przeglądowego dobrze świadczy o dziedzinowej wiedzy, jaką zaprezentował w doktoracie.

Podstawowe koncepcje własnych, autorskich rozwiązań zostały w dużej mierze udokumentowane dwoma międzynarodowymi wieloautorskimi patentami i naukowymi autorskimi opracowaniami – artykułem w czasopiśmie *Sensors* 2024 i referatem SP(A) 2023: *Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements, and Applications*.

Praca ogólnie liczy 169 + 29 stron wstępnych (w tym spis rysunków łatwy do wygenerowania w LaTeXie, ale niezbyt użyteczny). Merytoryczne rozdziały dysertacji zajmują 62 strony, zaś spis bibliograficzny obejmuje pokaźną liczbę 268 pozycji, w tym dwa wspomniane patenty amerykańskie oraz autorska pracą (MDPI, SPA).

### **3. Czy autor rozwiązał postawione zadania, czy użył właściwej do tego metody, oraz czy przyjęte założenia są uzasadnione?**

W ramach rozważanego zagadnienia projektowego dotyczącego kalibracji, badania doktoranta skupiły się na dwóch głównych metodach kalibracji.

Pierwsza z nich dotyczyła kalibracji na linii produkcyjnej i w autoryzowanym warsztacie samochodowym, przy restrykcyjnych wymaganiach producenta dotyczących czasu procedury, miejsca (na którym ma odbywać się kalibracja) i jej odporności na zakłócenia. W przypadku problemów z wykrywaniem i korygowaniem niedokładności pomiaru kąta azymutu zastosowano specyficzne podejście, polegające na wykorzystaniu iteracyjnego algorytmu uśredniania odpornego (patenty EP4137841A1, US20230056655A1, US11933911B2, CN115707991A).

Druga procedura dotyczyła nienadzorowanej kalibracji, która umożliwia ciągłe monitorowanie stanu czujnika podczas normalnej jazdy samochodem. W tym obszarze autor zmagał się z kilkoma kluczowymi problemami, takimi jak zapewnienie stabilności algorytmu przy jednoczesnej potrzebie szybkiej reakcji systemu na gwałtowne zmiany orientacji czujnika (typowy problem dla automatyki). Pogodzenie tych sprzecznych wymagań okazało się możliwe dzięki wprowadzeniu odpowiedniego filtrowania wykryć wejściowych oraz doborowi metod modelowania i optymalizacji.

Ponieważ wykorzystuje się tu duże zbiory nieobciążonych danych wejściowych, aby uniknąć ręcznej walidacji pomiarów i ominąć fazę pracochłonnej analizy danych, zaimplementowano i wytrenowano sieć neuronową zdolną do wykrywania anomalii w zbiorze danych. Wprowadzona w życie idea polegała na zaprojektowaniu modelu matematycznego trójosiowej korekcji detekcji radarowych, który w połączeniu z równaniem prędkości radialnej zapewni trójosiową estymację kąta przekrzywienia radaru (patenty EP3907521A1, CN113608182A, EP3907522A2, EP20172809). Aby uzyskać wysoką jakość estymacji przy ograniczeniu złożoności obliczeniowej, rozwiązanie skorelowanych równań wymagało odpowiedniej optymalizacji.

Bezpośrednie porównanie oczekiwanych i szacowanych kątów korekcji radarowej okazało się niemożliwe, dlatego też, aby zweryfikować działanie algorytmów na rzeczywistych danych (dla radarów samochodowych o wysokiej dokładności pomiaru prędkości radialnej), oparto się na wskaźnikach, takich jak odchylenie standardowe i rozkład błędów, proponując metryki oparte na prędkości radialnej obiektów nieruchomych w otoczeniu auta/radaru.

Trzeci wątek badawczy miał na celu ocenę możliwości regulacji radaru w trzech osiach i określenia współczynnika korekcji prędkości z detekcji radarowych, ale bez pomiaru elewacji. W tym celu opracowano algorytm, który jest w stanie oszacować trzy kąty i współczynnik kompensacji prędkości, które to (po zastosowaniu do wyrównania detekcji) poprawiają wartość średniej kwadratowej błędów szacowanej prędkości radialnej analizowanych stacjonarnych wykryć.

Na podstawie szczegółowej lektury rozprawy można uznać, że jej autor rozwiązał postawione zadanie – wykazując się przy tym:: znajomością analizowanego zagadnienia projektowego dotyczącego kalibracji radarów samochodowych dla systemów AD/ADA, skutecznym projektowaniem i analizą przedmiotowych procesów, opanowaniem materiału teoretycznego z zakresu metod optymalizacji i technik fuzji pomiarów radarowych, a także biegłością w opanowaniu warsztatu inżynierskiego i umiejętnością doboru założeń badawczych, definiowania kierunków badań, prowadzenia projektów, opracowywania technicznych rozwiązań, realizacji algorytmów i implementacji/wdrażania systemów oraz formułowania wniosków. Ponadto doktorant potrafi w bardzo dużym stopniu samodzielnie rozwiązywać postawione zadania oraz weryfikować uzyskane wyniki (tak na poziomie teoretycznym, jak i w warunkach laboratoryjno-warsztatowych).

#### **4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi o oryginalnym osiągnięciu samodzielnego autora, jakie jest miejsce rozprawy w stosunku do stanu wiedzy lub poziomu technik reprezentowanych przez literaturę światową?**

Główna część wyników merytorycznych (zawartość rozdziałów 8-11, wg opisu przedstawionego w p. 2) dotyczy zagadnień związanych z przemysłowymi zastosowaniami algorytmów kalibracji. W szczególności, w drugiej części rozdziału 8 przeprowadzono analizę wpływ błędu orientacji radaru na systemy wspomaganie kierowcy i jazdy autonomicznej. W jej wyniku zsyntetyzowano oryginalne formuły i przeanalizowano wpływ przekrzywienia na skuteczność systemu radarowego. Ponadto (głównie rozdział 9) zawiera opis opracowanych oryginalnych metod kalibracji statycznej (z użyciem wychylanej płyty stalowej), w tym autorskie rozwiązanie problemu pomiarów odstających (z wykorzystaniem iteracyjnej średniej odpornej) udostępnione na światowym forum naukowo-przemysłowym w postaci patentów międzynarodowych oraz oryginalną (również opatentowaną) kalibrację radaru trójosiowego z kompensacją prędkości, a także inną metodę umożliwiającą trójosiową estymację błędu orientacji wraz ze współczynnikiem kompensacji prędkości dla przypadku bez radarowego pomiaru elewacji. Taka koncepcja projektowa pozwoliła na użycie otwartego zbioru danych *RadarScenes* oraz wykazanie, że po kompletnej trójosiowej korekcie wykrycia charakteryzują się mniejszą średnią kwadratową błędów ocenianej prędkości radialnej.

Doktorant przedstawił jednoznaczne dowody swojej dojrzałości naukowej i inżyniersko-społecznej, co pozwala mu pracować zarówno indywidualnie, jak i w zespole. Dobrze opanował warstwę merytoryczną w zakresie podstaw teoretycznych

niezbędnych do budowy podsystemów radarowych systemów sterowania pojazdami AD/ADA, a także umiejętność implementacji opracowanych algorytmów w sprzęcie i na komputerze oraz prowadzenia badań eksperymentalnych. Oprócz oceny praktycznej przydatności wyników rozprawy (łatwej dla eksperta w dziedzinie), dowodem samodzielnych i oryginalnych osiągnięć autora jest oceniany raport i załączone publikacje naukowe, zaś implementacja wyników (jako wynalazek) w projekcie komercyjnym oraz zgłoszone amerykańskie patenty dają jednoznaczny wyraz pozycji rozprawy w odniesieniu do światowego stanu wiedzy i poziomu techniki reprezentowanego przez światową literaturę.

Tematem pracy badawczej była możliwość zaimplementowania algorytmu automatycznej kalibracji radaru, który na podstawie wykryć punktowych, przewidywanego kąta montażu czujnika oraz informacji o kinematyce pojazdu, pozwoli na określenie błędu kąтового montażu czujnika w trzech osiach i wykorzystanie tej informacji do korekcji pomiarów radarowych, przy jednoczesnym zachowaniu niskiej złożoności obliczeniowej wymaganej przez wbudowany procesor radarowy.

Pierwsza część tezy dotycząca błędu orientacji trójosiowej została dowiedziona, ponieważ zarówno na danych rzeczywistych, jak i syntetycznych, wskaźniki KPI wykazały, że proponowane rozwiązanie poprawia jakość detekcji (zmniejsza średniokwadratowy błąd szacowanej prędkości radialnej), zaś przynajmniej na danych syntetycznych parametry zbiegały się do wartości optymalnej. Druga część pracy również została wykazana, ponieważ prosty algorytm optymalizacji bezgradientowej zastosowany w kalibracji trójosiowej pozwolił osiągnąć najlepsze rezultaty pod względem KPI, a sam algorytm został wdrożony już we wczesnej fazie przedmiotowego projektu komercyjnego.

Podsumowując, teza badawcza rozważana w analizowanej rozprawie doktorskiej wdrożeniowej została potwierdzona wynikami analiz, materiałami publikacyjnymi, zgłoszeniem patentowym oraz wdrożeniem wynalazku w projekcie komercyjnym.

Przedstawione sprawozdanie pokazuje dużą skuteczność doktoranta w prowadzeniu nowatorskich prac badawczych i projektowych, uwzględniających zarówno elementy teoretyczne, jak i nowoczesne narzędzia inżynierskie, w tym systemy elektroniczne i mikrokomputerowe.

Na podstawie powyższego oraz częściowej publikacji wyników badań można być przekonany, że mgr inż. Rafał Michał Burza udowodnił tezę badawczą i zrealizował cel rozprawy, a także wykazał się wiedzą i umiejętnością rozwiązywania zagadnień naukowych w trudnej dziedzinie projektowania systemów sterowania pojazdami autonomicznymi w bezpiecznym ruchu publicznym.

#### **5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?**

Na podstawie lektury rozprawy można stwierdzić, że doktorant nabył odpowiednią umiejętność posługiwania się teoriami i technikami zaczerpniętymi z literatury oraz wnoszenia własnego wkładu w badania, a także wystarczającą umiejętność jasnego prezentowania uzyskanych wyników.

Jak wspomniano w punkcie 2 niniejszej opinii, obszerne, wieloczęściowe wprowadzenie oparte na autorskim przeglądzie literatury jest dobrze opracowane i dostarcza czytelnikowi niezbędnego tła do zrozumienia materiału omawianego później. Struktura pracy jest dobra i ogólnie wiarygodna. Cały raport bardzo dobrze

dokumentuje umiejętności opanowane przez doktoranta oraz wkład i uzyskane wyniki. Nie sposób jednak nie zauważyć, że autor systematycznie zapomina o podsumowaniu wszystkich ważnych rozdziałów.

Całość pracy jest dobrze skomponowana pod względem porządkowym: W obszernym wstępie do rozprawy doktorant przedstawia interesującą literaturę dotyczącą rozwoju współczesnej motoryzacji (rozdziały 1-6) oraz zagadnienia związane z kalibracją radarów (rozdziały 7-8). Daje to dobry wyraz umiejętności syntezy wiedzy. Następnie następuje 11-stronicowe studium jego własnych metod kalibracji radaru (rozdział 9) i 10-stronicowy opis wykorzystanych danych radarowych (rozdział 10) oraz podstawowy, 20-stronicowy raport (rozdział 11) na temat procesu oceny opracowanych i opatentowanych metod kalibracji, a także 5-stronicowe podsumowanie całości rozprawy. Wspomniany brak podsumowania rozdziałów, zarówno przeglądowych, jak i merytorycznych, jest niezrozumiały. Dobrze, że przynajmniej rozdział 11 Autor uzupełnił stosownym namiastką w postaci analizy wyników.

Cały raport w języku polskim nie daje jednak wrażenia dobrze skomponowanego przekazu. I choć porządek rzeczy w ramach poszczególnych rozdziałów jest poprawny a język techniczny raportu jest na ogół zrozumiały (pozbawiony np. typowych terminów slangowych), bardzo często jest mało precyzyjny lub niejasny. Akapity są raczej zrównoważone (równo długie). Chociaż zdarzają się zdania przeładowane treścią, czytelnika bardziej drażni brak spójności lub dopracowania jasności wyводу.

Generalnie należy docenić pracę doktoranta, która jest bardzo dobrze przedstawiona pod względem merytorycznym. Należy również wziąć pod uwagę, że podejmowane zagadnienia są bardzo złożone i głęboko osadzone w produkcie komercyjnym. W związku z powyższym omawiana rozprawa doktorska ma wyraźnie charakter rozwojowo-wdrożeniowy ze znaczącym wkładem teoretycznym. Ponadto dotyczy niezwykle zaawansowanej dziedziny przemysłu motoryzacyjnego, która ma istotne znaczenie społeczne. Sprawozdanie kończy się wysoce ustrukturyzowanym esejem zawierającym propozycje kierunków dalszych badań.

## 6. Jakie są słabe strony i główne wady?

Poruszane zagadnienia są złożone, a omawiana rozprawa doktorska ma charakter badawczo-rozwojowo-wdrożeniowy z dużym udziałem odpowiednich teorii. Mimo trudności, doktorant potrafił przedstawić solidną i merytorycznie spójną pracę, w której wzory matematyczne zasadniczo zostały poprawnie zredagowane.

Choć na stronie tytułowej tego nie widać, praca jako całość sprawia wrażenie rozprawy wdrożeniowej (to też sygnalizują pojedyncze wzmianki o „projekcie wdrożeniowym”, na str. 3, 5 i 145), jednak rozdziały podstawowe dla rozprawy (7-11) zawierają wystarczający ładunek metod i narzędzi matematycznych, pozwalających zakwalifikować rozprawę Pana R.M. Burzy jako solidną rozprawę doktorską w dziedzinie nauk technicznych. Zaś dwa amerykańskie współautorskie patenty (2021, 2023), autorski artykuł w czasopiśmie *Sensors/MDPI* (2024) i autorskie wystąpienie konferencyjne SPA /IEEE (2023) dobrze dokumentują jakość wyników osiągniętych przez Pana R.M. Burzę w ramach badań nad wdrożeniową rozprawą doktorską.

Ze względu na liczbę wykrytych usterek i przykładów niedociągnięć, zostały one pogrupowane i zamieszczone w załączniku do niniejszej opinii.

Będąc przekonanym o celowości dalszego rozwoju doktoranta, przedstawiam te uwagi, aby przyczynić się do zmotywowania doktoranta do podnoszenia jakości prezentacji prac naukowo-dydaktycznych i publikacji poddoktorskich.

## 7. Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Podsumowując, praca dotyczy współczesnych teorii systemów, automatyki i robotyki, modelowania, metod matematycznych, przetwarzania obrazu i sztucznej inteligencji, których integracja umożliwia budowę inteligentnych produktów, takich jak systemy sterowania pojazdami autonomicznymi (ADS). Przydatność prac badawczych związanych z autonomią i bezpieczeństwem w transporcie drogowym dla nauki, gospodarki i współczesnego społeczeństwa jest bardzo wysoka, zarówno pod względem poznawczym, jak i aplikacyjnym.

Oprócz podsystemu wykonawczego, który w nowoczesnych pojazdach jest już na bardzo wysokim poziomie technologicznym i niezawodnościowym, ogólna koncepcja budowy pojazdów autonomicznych jest prosta w swojej filozofii i koncentruje się na kanale percepcji otoczenia oraz module podejmowania decyzji. Jednakże w tej dziedzinie jest jeszcze wiele do zrobienia, gdyż koncepcja zastąpienia ludzkiej inteligencji nie jest łatwa do zrealizowania. W efekcie powstają złożone systemy AD/ADA zawierające wiele elementów, takich jak radary, które wymagają odpowiedniego dostrojenia, aby zapewnić docelową funkcjonalność i bezpieczeństwo ruchu drogowego.

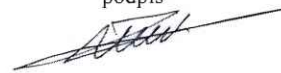
Prezentowana praca wpisuje się zatem w szeroki nurt badań w automatyce i robotyce, odnoszących się do największych wyzwań współczesności. Dlatego wyniki badań mgr inż. Rafała Burzy, a szczególnie opracowane przez niego metody kalibracji radarów, dobrze wpisują się w ten trend i dowodzą swojej użyteczności. Również z punktu widzenia zwolennika teorii, kładącego nacisk na praktykę i wdrażanie systemów automatyki, ocenioną rozprawę doktorską należy ocenić wysoko.

Wyniki prac w postaci zweryfikowanego rozwiązania (innowacji inżynierskiej) mają duże znaczenie dla nauk technicznych. Krytyczne uwagi redakcyjno-edytorskie nie wpływają na wysoką ocenę zakresu i oryginalnych merytorycznych osiągnięć naukowo-badawczych doktoranta, zawartych w recenzowanej rozprawie oraz bardzo pozytywną ocenę pracy, która w pełni odpowiada wymogom rozprawy doktorskiej.

## 8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- (a) nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim,
- (b) wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania,
- (c) spełniająca całkowicie wymagania,
- (d) spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem,
- (e) wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie.

podpis



ZKowalczyk





## ZAŁĄCZNIK

### I. UWAGI METODOLOGICZNE

- (\*) Nie zawsze jest jasne, co autor próbuje osiągnąć lub jakie wnioski wynikają z przeprowadzonej analizy lub badań. Szczególnie zauważalny jest brak podsumowania poszczególnych rozdziałów merytorycznych. Również tak rozbudowane rozdziały przeglądowe zasługują na podsumowanie, rozumiane co najmniej jako wnioski wyciągnięte z takiej analizy stanu wiedzy, które zostaną następnie wykorzystane w rozwijanym projekcie (i to lepiej uzasadniałoby ich celowość i obecność w rozprawie).
- (\*) W odniesieniu do szczegółowych rozważań Autor czasami zapomina o podaniu odpowiedniej motywacji i dokładniejszym wprowadzeniu czytelnika do szczegółowych własnych partii materiału: Nie wystarczy bowiem napisać: "**W określonym celu (aby wykonać taką operację i odpowiednio przedstawić detekcję)** ...należy zastosować na pomiarach azymutu i elewacji opracowane przez autora wzory." (!)
- (\*) Autor nie zawsze stosuje najbardziej wiarygodne źródła: np. w zakresie charakterystyki radarowej obszernie cytuje [160] z czasopisma *Frontiers in Neuroscience* (spoza dziedziny AEETK) na wielu kolejnych stronach rozprawy. (W przeciwieństwie do podobnie obszernie cytowanych fundamentalnych książek: [161] „Optymalizacja...:by J. Kusiak et al./PWN'2022 czy [162]: „Iterative Methods in Optimization” by C.T. Kelley /SIAM'1999).
- (\*) W pracy (np. w rozważaniach nt. optymalizacji) autor zapomina o podaniu (również w spisie symboli) dziedzinnych ważnych wielkości/zmiennych oraz parametrów (jak np. wokół wzoru (7.20) ) co prowadzi do dwuznaczności (np.  $n$  we wzorach (7.6) i (7.21) to numer iteracji, a  $n$  we wzorze (7.2) to wymiar wektora  $b$ , czyli wymiar przestrzeni parametrów).
- (\*) „Ochrona szczegółowych parametrów radaru, nad którymi pracowano we wstępnej fazie projektu, **nie pozwala na wykorzystanie** zebranych danych w rozprawie doktorskiej”. (?)
- (\*) W tekście technicznym (zwykle z dużą liczbą klasyfikacji/kategoryzacji) należy dbać o precyzję wypowiedzi i pojęć, czy też jednoznaczność względem dziedziny (tzw. „wspólny mianownik”), oraz tylko w przypadku bardzo dobrze ugruntowanych/zdefiniowanych pojęć można pozwalać sobie na stosowanie substytutów semantycznych, ale z dużą ostrożnością.
- (i) Na przykład Autor wprowadza do swojego raportu takie niepotrzebne zamieszanie, używając czasami wielu nazw dla tego samego pojęcia („*misalignment*” → niewyrównanie, niezgodność, niedopasowanie, błąd/niedokładność ustawienia, przekrzywienie, skrzywienie), czy
- (ii) Strojenie jako dostrajanie, pozycjonowanie, ustawianie, kalibracja, korekta, adiustacja, alignment, wyrównanie,... regulacja, (nawet... weryfikacja).
- (\*) Niedopowiedzenia i niejasności opisu związane są też np. z „metodą odniesienia” nazywaną „algorytmem referencyjnym”; w tym kontekście na str. 125 bez należytego odróżnienia, pojawia się algorytm „post-factum”, zaś na str. 130 oraz w tabeli 11.4 algorytm „post-factum” występuje już odrębnie obok algorytmu referencyjnego...
- (\*) Zupełnie niespodziewanie i bez wyraźnego ostrzeżenia na rysunkach 11.2, 11.5-7, 11.8-11, 11.13-15, 11.16-19, 11.21-23 oraz w tabelach 11.1, 11.5-6, 11.8, 11.10, 11.12, pojawiają się cztery radary, o których w ogóle nie widać wzmianki ani w opisach ich dotyczących, ani w podpisach pod rysunkami (ani w tytule nad tabelą).

### II. UWAGI REDAKCYJNE

Ogólnie doktorant bardzo poprawnie zdał sprawę z przeprowadzonej analizy oraz zrealizowanego projektu doktorskiego, używając poprawnego języka technicznego opisu, terminologii, jak również ortografii (stylu, gramatyki, typografii) i interpunkcji. Praca zawiera jednak pewną liczbę (patrz poniżej) drobnych błędów redakcyjnych (przykłady wymienione poniżej), które raczej nie przeszkadzają w odbiorze przekazywanych przez autora treści. W ogólności, raport został przygotowany z pieczołowitym przestrzeganiem standardów redakcyjnych i powszechnie uznawanych wymogów formalnych. Zasadniczy materiał został jasno przedstawiony, a napisana w poprawnym języku polskim rozprawa doktorska bardzo dobrze dokumentuje pracę pana Rafała Michała Burzy.

#### (i) W zakresie ortograficznym (przykłady):

- „wraz z współczynnikiem” → „wraz **ze** współczynnikiem”
- „tylniej” → „tylnej” czy „nieopłacalności linii związane z” (gramatyka fleksyjna)
- „aby był adekwatny do wieloczuJNIKOWYCH systemów obecnych ...” → „aby był odpowiedni dla nowoczesnych systemów wieloczuJNIKOWYCH” **Lub** „odpowiedni do użytku w nowoczesnych systemach wieloczuJNIKOWYCH”
- „jednymi z najczęściej występujących części są metody” → „niektóre z najczęściej występujących części to metody”
- „t.j.” → „tj.”

„ilość danych” → „liczba danych”  
„algorytmu kąta nadejścia” → „algorytmu kąta nadejścia”  
„czas między chirpami” → „czas pomiędzy chirpami”  
„Metoda ...dopasowujemy model” → „Metoda .. dopasowuje model”  
„ilość nadmiarowych informacji” → „ilość nadmiarowej informacji”  
„możliwości implementacji bardzo złożonych metod” → „możliwość implementacji bardzo złożonych metod”  
oraz inne błędy/literówki... CCW (Cooperative Collision Warning System czy CCCW?); „liczb przetworników zwracających liczbę”; „pozwalające na znalezieniu”; „esetymacji” „zastąpienie prędkości pojazdu zastąpione losową liczbą”  
...

#### **Frazeologia:**

„bazuje na” → „opiera się na”  
„Wnioski ...podparte” → „Wnioski ... poparte”  
„wyliczone wskaźniki” → „obliczone/określone wartości wskaźników”  
„diametralne zmiany” → „gwałtowne zmiany”  
„atrakcyjność prowadzenia badań” → „celowość prowadzenia badań”

#### **Przykłady niepoprawnej konstrukcji zdania:**

„W przypadku zwierząt stadnych o zdolności do komunikacji oraz ludzi, również na podstawie informacji przekazanej od innych jednostek.” (bez orzeczenia)  
„Spodziewany rozmiar macierzy danych to około 4 odbiorniki, 64 chirpy i 512 próbek, co dla rozważanego przypadku oznacza rozmiar 256 [kB] danych na każdą ramkę pomiarów radarowych.” (?)  
„Sygnał w obrębie surowej macierzy danych wejściowych stanowi bogate źródło” (?)

#### **Zbyt długie zdania też utrudniają panowanie na jasnością przekazywanych treści:**

(\*) „Ze względu na wymagania pamięciowe oraz obliczeniowe, które przekraczają możliwości budżetowych procesorów sygnałowych, implementacja algorytmów optymalizacji globalnej ogranicza się tylko do działania post factum, które są wykonywane w celach badawczych.” → ~  
~ „Ze względu na wymagania pamięciowe oraz obliczeniowe **stawiane procesorom sygnałowym**, które przekraczają możliwości budżetowe, optymalizacja globalna może ograniczać się do działania post factum, które **jest** wykonywane w celach **testowych**.”  
(\*) „...algorytmy gradientowe, które wymagają znajomości pochodnych każdego parametru, oraz algorytmy bezgradientowe, które są w stanie rozwiązać równanie jedynie za pomocą funkcji kosztów.” → ~  
~ „...algorytmy gradientowe, które wymagają znajomości pochodnych **funkcji dla** każdego parametru, oraz algorytmy bezgradientowe, które **potrafią** rozwiązać problem opierając się jedynie **na obliczalnych wartościach** funkcji kosztu.”  
(\*) „Aby odfiltrować obiekty, które mogą nie istnieć, z algorytmów śledzenia i fuzji danych dotyczących istotnych celów, można wdrożyć estymację pewności istnienia” → ~  
~ „Aby odfiltrować nieistniejące obiekty, wdrożyć można algorytm śledzenia i fuzji danych, który bierze pod uwagę szacowanie pewności istnienia (istotnych celów)”  
(\*) „Pozwoliło to na zaimplementowanie algorytmu korzystającego z otwartego zbioru danych, a także jak wynika z uzyskanych wyników udowodniło tezę, że trójosiowa adiustacja radaru jest w stanie poprawić jakość detekcji radarowych.” → ~  
~ „Pozwoliło to na **implementację** algorytmu korzystającego z otwartego zbioru danych **oraz**, jak widać z uzyskanych wyników, udowodniło postawioną tezę, że trójosiowa kalibracja radaru jest w stanie poprawić jakość detekcji radarowej.”

#### **Nadużywanie trybu warunkowego i dokonanego oraz używanie niewłaściwej odmiany czasowej**

(\*) „pełna autonomia pojazdu będzie mogła również umożliwić redukcję kosztów” → „Pełna autonomia pojazdu będzie też w stanie obniżyć koszty” lub „pełna autonomia pojazdu może też umożliwić redukcję kosztów”  
(\*) „Pozwoliłoby to na znaczne zaoszczędzenie czasu oraz kosztów eksploatacji” → „Znacznie oszczędziłoby to czas i koszty” lub „Pozwoliłoby to na znaczną oszczędność czasu i kosztów”  
(\*) „uwzględnia informacje z obu źródeł i byłby zaawansowany” → „uwzględnia informacje z obu źródeł i jest zaawansowany”

(\*), „ich poziom autonomii ze względu na bardziej przewidywalne środowisko, wydaje się być większy niż w przypadku samochodów” → „ze względu na bardziej przewidywalne otoczenie ich osiągalny poziom autonomii może być wyższy niż w przypadku samochodów”

(\*), „...sprawiały, że reprezentatywne nagrania danych z radaru **opóźniły się** w czasie”

(\*), „zanim zostanie to unormowane w przepisach, producenci mogą stworzyć regulaminy” → zanim zostanie to unormowane w przepisach, producenci mogą **tworzyć** regulaminy”

(\*), „sieć neuronowa mogłaby być w stanie nauczyć się rozpoznawania” → „sieć neuronową można też nauczyć rozpoznawania”

...

(ii) **Inne przykłady niespójności opisu. Błędy stylistyczne i niezgrabności, słabe związki, nadmierne skróty myślowe, przegadane fragmenty, niepoprawne konstrukcje, przykłady:**

(\*), „zależności funkcjonalności od elementów wykonawczych”

→ „**zależność rozważanych funkcjonalności od jakości...** elementów wykonawczych”

(\*), „trend rozwoju systemów aktywnego bezpieczeństwa, jakim jest komunikująca się sieć...”

→ „trend rozwoju systemów aktywnego bezpieczeństwa, **znajdujący swój wyraz np.** w komunikującej się sieci...”

(\*), „Poruszona tematyka przedstawia model fuzji danych i jego podstawowych elementów, do których należy wzbogacanie...”

→ „**Autor/rozdział** przedstawia model fuzji danych i jego **podstawowe operacje** (elementów), do których należy wzbogacanie...”

(\*), „przegląd popularnych metod optymalizacji, które są adekwatne do tematu rozprawy”

→ „przegląd popularnych metod optymalizacji istotnych z punktu widzenia tematu rozprawy”

(\*), „analizę wpływów błędu orientacji”

→ „analizę wpływu błędu orientacji”

(\*), „W wyniku prac stworzono oryginalne wyprowadzenia wzorów oraz analizy wpływu przekrzywienia”

→ „W wyniku prac zsyntetyzowano oryginalne wzory i przeanalizowano wpływ przekrzywienia”

(\*), „rozdzielność celu od szumu”

→ „rozdzielność celu i szumu (lub na tle szumu)” (target- $\{to-\}$ noise discrimination) lub „odróżnialność celu od szumu”

(\*), „nieodkładność .... (na podstawie autorskich wyprowadzeń wzorów)”

→ „nieodkładność .... (na podstawie autorskich formuł)”

(\*), „udowodnione autorskimi symulacjami”

→ „uzasadnione (dowodzone) autorskimi symulacjami”

(\*), „wpływ na problemy z asocjacją danych”

→ „wpływ na asocjację danych”

(\*), „wpływ na lokalizacja i mapowanie”

→ „wpływ na lokalizację i mapowanie”

(\*), „argumentacja popierająca udowodnienie tezy”

→ „argumentacja służąca wykazaniu tezy” lub

→ „argumentacja wspierająca/dowodząca tezy” ewentualnie

→ „argumentacja służąca do udowodnienia tezy”

(\*), „działać na informacji” → „działać na podstawie informacji”

(\*), „Wczesna aplikacja skupia się na” → „Wczesne aplikacje skupiały się”

(\*), „podobne wnioski, że połączenie informacji o położeniu kątowym oraz odległości za pomocą algorytmu fuzji znacząco poprawi informacje o położeniu obiektu.” → „wniosek, że połączenie informacji o położeniu kątowym oraz odległości za pomocą algorytmu fuzji znacząco może poprawić informację o położeniu obiektu.” ...cont. „W tak oczywistym przypadku nawet zastosowanie średniej ważonej zaprezentowanych pomiarów może okazać się metodą istotnie zwiększającą jakość pomiarów.”  
→ „W tym przypadku nawet zastosowanie średniej ważonej pomiarów może okazać się metodą podnoszącą jakość oceny.”

- (\*), „fuzja sensorów” → „fuzja pomiarów (sensorycznych)”
- (\*), „z najczęstszych modeli fuzji” → „z najczęściej stosowanych modeli fuzji”
- (\*), „Wyzwania algorytmów fuzji multisensorycznej” → „Wyzwania stojące przed fuzją multisensoryczną”
- (\*), „spowodowany odbiciem samochodu od ściany”
- (\*), „Pomimo ..., to znaczny potencjał kryje się w zapotrzebowaniu, jakie ...” → „Pomimo ..., istnieje znaczny potencjał w popycie, jaki ...”
- (\*), „zmuszone przez stan ówczesnej technologii, bazowały na” → „wymuszone przez ówczesny stan technologii, opierały się na”
- (\*), „wyliczyć wartość gradientu” → „obliczyć wartość gradientu”
- (\*), „b wartość obecnej iteracji” → „b to wartość w obecnej iteracji”
- (\*), „krok, który przybliży parametr w kierunku optimum” → „krok, który powinien zbliżyć wartość parametru do optimum”
- (\*), „producenci ... odpowiedzialni za uwzględnienie” → „producenci ... zobowiązani do uwzględnienia”
- (\*), „W takim przypadku” → „W takim (konkretnym) wypadku” (węższe rozumienie)
- (\*), „co degraduje wydajność systemu” → „co pogarsza wydajność systemu”
- (\*), „Niedokładności montażu” → „Niedokładność montażu” → „Niedokładności montażowe”
- (\*), „Ignorowanie przekrzywienia radaru jest jednak niemożliwe” → „Nie można jednak ignorować przekrzywienia radaru”
- (\*), „rozwiązanie, które jest w stanie działać zintegrowane z kompletnie innym producentem jednostek centralnych” → „rozwiązanie, które można zintegrować z jednostką centralną innego producenta”
- (\*), „estymacja stanu ... i wyliczania” → „estymacja stanu ... i wyliczanie”
- (\*), „Pomimo wielu utrudnień od algorytmu kalibracji oczekuje się wysokiej precyzji, a wymagania postawione w procesie produkcyjnym wymagały oszacowania...” (??) → „Od algorytmu kalibracji oczekuje się wysokiej precyzji w odniesieniu do oszacowania...”
- (\*), „należy zastosować na pomiarach azymutu i elewacji opracowane przez autora wzory” → „należy do pomiarów azymutu i elewacji zastosować opracowane przez autora filtry/procedury” → „pomiarów azymutu i wysokości powinny być przetwarzane za pomocą filtrów/procedur opracowanych przez autora”
- (\*), „do zmiany projektowej na urządzenie” → „do konieczności zamiana urządzenia na...”
- (\*), „aby udowodnione zostały wstępne założenia doktoratu” → „aby zapewnić zgodność...”
- (\*), „wykorzystane bezpośrednio do algorytmu” → „wykorzystane bezpośrednio w algorytmie/przez...”
- (\*), „minimalistycznej liczbie parametrów” → „minimalnej liczbie parametrów”
- (\*), „które mogą pozwalać na wyznaczenia mapy wektorowej kątów korekcji, wiążącej kąty korekcji w funkcji położenia detekcji w specyficznych obszarach” → „zdolnych do wyznaczenia mapy wektorowej kątów korekcji, wiążącej te kąty z położeniem wykrycia w specyficznych obszarach”
- (\*), „wskaźniki jakości odpowiadają na kluczowe (dla klienta) parametry” → „wskaźniki jakości prezentują kluczowe (dla klienta) parametry”

**(iii) Nadużywanie niejednoznacznych, nieprecyzyjnych, niezdefiniowanych lub ogólnikowych pojęć**

- (jak „kompleksowy przegląd”). W rozprawie pojawiają się też oczywiste powtórzenia oraz „przegadane/przeżrane” fragmenty (jak „w otoczeniu większości populacji”, czy „między innymi w algorytmach takich jak algorytm optymalizacji” → „w algorytmach takich jak optymalizacja”).
- W nawiązaniu do takich **niejasnych fragmentów raportu** (błędów logicznych lub stylistycznych, oraz używania niedoprecyzowanych pojęć albo słabo uzasadnionych tez lub niespójności) można wskazać:
- (\*), „W **ostatniej** (?) części rozdziału opisana jest metoda” – {bez wprowadzenia do jakichkolwiek części}
  - (\*), „z jednej grupy..., a systemy drugiej kategorii” – {trzymać się albo grupy, albo kategorii}
  - (\*), „rysunek 5.7” ↔ „ilustracja 5.7”
  - (\*), „... zaproponowano również metodę odniesienia (?) oraz przedstawiono uzyskane wyniki metod (?) na danych ...” (??)
  - (\*), „zwiększyć komfort ... poprzez poświęcenie widoczności” (??)
  - (\*), „korzystały z sieci neuronowych działających bezpośrednio na tej warstwie.” (??)
  - (\*), „z pewną niepewnością, która jest jednak znacznie większa niż precyzją radaru” (??)
  - (\*), „pełna autonomia pojazdu będzie mogła również umożliwić redukcję kosztów poprzez współdzielenie pojazdu” → „pełna autonomia pojazdu może też umożliwić redukcję kosztów poprzez współdzielenie pojazdu”
  - (\*), „systemy z jednej grupy są zaprojektowane do” → „systemy z jednej grupy są projektowane do”
  - (\*), „zmienna topologia, zmuszona do szybkiej adaptacji ze względu na dużą mobilność pojazdów” → „zmienna topologia, wymagająca adaptacji wymuszonej przez dużą mobilność pojazdów”
  - (\*), „Chociaż systemy oparte na ITS nadal wiążą się z wieloma wyzwaniami” → „Chociaż systemy oparte na ITS nadal stoją przed wieloma wyzwaniami”

- (\*), „przyniosą one ogromne korzyści pojazdom wyposażonym w funkcje ITS → „przynoszą one ogromne korzyści użytkownikom pojazdów wyposażonych w funkcje ITS”
- (\*), {na rys. 5.1}: „całościowy opis systemu/obiektu” = „zunifikowane wyjście” → „wynikowy opis obiektu”
- (\*), „technologia fuzji” → „technika fuzji”
- (\*), „redukcja wymaganej przepustowości transmisji” → „redukcja wymagań dotyczących przepustowości transmisji” lub „zmniejszenie wymagań na przepustowość transmisji”
- (\*), „może umożliwić zastosowanie systemu fuzji” → „może uniemożliwić przeprowadzenie fuzji” (?)
- (\*), „sieć neuronowa mogłaby być w stanie nauczyć się rozpoznawania” → „sieć neuronowa mogłaby nauczyć się rozpoznawać”
- (\*), „potencjalny aliasing” → „potencjalne utożsamienie”
- (\*), „outlier” → „odstający pomiar” lub „duży błąd”
- (\*), „odwiedzić myjnie automatyczną” → „odwiedzić automatyczną myjnię samochodową”
- (\*), „optymalizacja globalna wymaga znacznej liczby” → „optymalizacja globalna może opierać się na większej liczbie”
- (\*), „przekraczają możliwości budżetowych procesorów” → „przekraczają możliwości budżetowe procesorów”
- (\*), „które na etapie próbnym” → „które na etapie próbnym (w problemie minimalizacji)”
- (\*), „amplituda sygnału” → „zakres amplitudowy sygnału”, „wartość chwilowa/maksymalna”, „moc sygnału”
- (\*), „utworzyć zupełnie nową hipotezę obiektu” → „być podstawą do utworzenia hipotezy nowego obiektu”
- (\*), „jeden z zestawu radarów” → „jeden radar z zestawu”
- (\*), „wydaje się nie być najlepszą metodą uzyskiwania nie jest zalecanym pomiarów referencyjnych dla algorytmów adiustacji” → „nie jest zalecanym źródłem danych referencyjnych potrzebnych do strojenia radaru”
- (\*), „Bardzo szybko reaguje na potrzebę zmiany parametrów, a początkowe szумы można zredukować, stosując wydajne metody filtracji sygnału.” → „Reaguje bardzo szybko na zmianę parametrów, a początkowo zaburzony przebieg można wygładzić stosując wydajne metody filtrowania sygnału.”

#### czy inne niedociągnięcia/niedookreślenia:

- (\*), niekompletny opis metody MIMO dla anteny wirtualnej (niezdefiniowany symbol elementu RX).
- (\*), Funkcja celu oznaczana niespójnie jako kaligraficzne „l” lub pochyłone „f” (np. str. 66)
- (\*), We wzorze (7.9) brak poprawnych indeksów dolnych
- (\*), „bardzo nieregularne funkcje celu” (?)
- (\*), „dokładność pomiaru kąta horyzontalnego może osiągać wartości większe niż 1 stopień” (?)
- (\*), „amplituda istotnych detekcji” (?), czy w pracy jest definicja? (jakaś sugestia dopiero na str. 95?)
- (\*), „pomiar elewacji detekcji” (?) → „pomiar elewacji wykrycia” → „pomiar wykrycia w elewacji” (detekcja dotyczy raczej procesu wykrywania, tu używa się terminu wykrycie czy plot...)
- (\*), „Brak precyzyjnych siłowników znacznie obniża koszty” (?)
- (\*), „obliczenia i analizy zostały przeprowadzone na antenach” (?)
- (\*), „metoda, składająca się z różnych typów czujników” (?)
- (\*), „cykl życia obiektu widocznego dla innych algorytmów rozpoczyna się” (?)
- (\*), Przy większości stosowanych przez autora skrótów angielskich, FGP to polski odpowiednik standardowych ang. skrótów (PDF/density czy CDF/pdf/distribution), podobnie metoda najszybszego spadku NS to w języku angielskim metoda SD (*steepest descent*) (regulator „PID” też można nazwać „PCR”).
- (\*), Jakies zamieszanie ze skrótem GCS, którego nie ma w spisie. Prawdopodobnie w treści (Rozdz. 8) pojawił się on zamiast GPS, który został podany w spisie akronimów
- (\*), gdzieś umknęła też definicja „wielostopniowego niedopasowania”, „użytkowników”, ...
- (\*), „uzyskane wartości elewacji i skręcenia mogą mieć przeciwny znak do uzyskanych” (rzeczywistych?)
- (\*), „odległość detekcji od radaru” (?)
- (\*), „ponieważ żaden z parametrów detekcji radarowej nie odbiegał od oczekiwanych.” (?)
- (\*), „pozwoilił na zminimalizowanie negatywnego wpływu.” (?)
- (\*), „odbita amplituda”
- (\*), „skręcenie ścieżek antenowych”

