

Dr. hab. inż. Jerzy PIETRASIŃSKI prof. WAT

Warszawa, 18.08.2023

Wojskowa Akademia Techniczna

Wydział Elektroniki

Instytut Radioelektroniki

ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2

00-908 Warszawa

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA RADY NAUKOWEJ DYSCYPLINY
INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ**

Tytuł rozprawy:

***Methods of Single – Frequency Network Transmitters Localisation
and Time Desynchronisation Estimation Applied to Passive Radiolocation***

Autor rozprawy: mgr inż. Karol Paweł KLINCEWICZ

Ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych.

Wydrukowana wersja rozprawy liczy 105 stron. Na początku, oprócz strony tytułowej oraz podziękowań zamieszczono streszczenie (w języku polskim oraz angielskim), spis treści, listę akronimów oraz listę symboli. Zasadnicza część rozprawy jest napisana w języku angielskim na stronach od 13 do 98. Rozprawa składa się z następujących siedmiu rozdziałów:

1. *Introduction*
2. *Passive radars fundamentals*
3. *Localisation techniques in passive emitter localisation*
4. *Single frequency network in passive emitter localisation*
5. *Simulations*
6. *Trials and experiments*
7. *Summary.*

Na Stronach 99 – 105 podano spis literatury obejmujący 94 pozycje.



Jakie zagadnienie jest rozpatrzone w pracy /teza rozprawy/ i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Rozprawa doktorska mgr. inż. Karola KLINCEWICZA dotyczy opracowania algorytmów lokalizacji i estymacji czasowej desynchronizacji nadajników działających w sieciach jednoczęstotliwościowych wykorzystywanych na potrzeby radiolokacji pasywnej. W rozprawie postawiono dwie tezy badawcze:

- Możliwe jest oszacowanie wartości czasowej desynchronizacji nadajników DVB-T działających w sieci jednoczęstotliwościowej, wykorzystując pomiary różnicy czasu nadejścia sygnałów,
- Możliwe jest zlokalizowanie dodatkowego nadajnika DVB-T działającego w sieci jednoczęstotliwościowej wykorzystując pomiary różnicy czasu odbioru sygnałów z pary odbiorników.

Aby udowodnić prawdziwość tak postawionych tez badawczych przeanalizowane zostały podstawy teoretyczne dotyczące zasady działania radarów pasywnych, algorytmów lokalizacji źródeł emisji oraz sieci jednoczęstotliwościowych. W rozprawie przedstawiono dwa autorskie algorytmy: algorytm lokalizacji okazjonalnych nadajników niskiej mocy pracujących w sieciach jednoczęstotliwościowych wspólnie z nadajnikami dużej mocy oraz algorytm szacowania desynchronizacji czasowej nadajników pracujących w sieciach jednoczęstotliwościowych. Działanie obydwu algorytmów zostało zweryfikowane z wykorzystaniem danych symulacyjnych i rzeczywistych pozyskanych z eksperymentu.

Rozprawa ma charakter teoretyczno - doświadczalny.

Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł/ w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle/ świadczący o dostatecznej wiedzy autora? Czy wnioski przedstawiono w sposób jasny i przekonujący?

W rozprawie poprawnie dokonano przeglądu literatury światowej w tematyce pracy. W bibliografii podano 94 pozycje literaturowe. Cytowane publikacje zostały wybrane poprawnie i stanowią odpowiednie źródło informacji o tematyce rozprawy. Świadczą one także o usystematyzowanej wiedzy autora w literaturze przedmiotu. Warto dodać, że doktorant jest współautorem publikacji nr 21 oraz jest autorem publikacji nr 22.

Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Dążąc do rozwiązania postawionych zadań, autor opracował innowacyjne algorytmy lokalizacji oraz estymacji czasowej desynchronizacji nadajników pracujących w sieciach jednoczęstotliwościowych. Udowadniając poprawność działania zaproponowanych algorytmów autor potwierdził prawdziwość tez zawartych w rozprawie. Prawidłowość uzyskanych rozwiązań została zweryfikowana przez doktoranta zarówno przy pomocy danych symulacyjnych jak i rzeczywistych.



Na potrzeby badań symulacyjnych autor utworzył w środowisku Matlab narzędzia niezbędne do generowania i przetwarzania sygnałów wykorzystywanych w ww. algorytmach. Następnie dla wybranych scenariuszy wykazał, że algorytmy te w warunkach pracy z danymi symulowanymi, wykonują postawione przed nimi zadania w sensie wyznaczenia lokalizacji i estymacji desynchronizacji czasowej.

Na potrzeby weryfikacji zaproponowanych algorytmów danymi rzeczywistymi autor zaprojektował i zbudował demonstrator radaru pasywnego wykorzystując komercyjne komponenty, w tym radio programowalne. Powstał zatem system składający się z centralnej stacji przetwarzania sygnałów oraz czterech przenośnych odbiorników radiowych, który jest zdolny do przetwarzania danych w czasie rzeczywistym. Do badań poligonowych elementy demonstratora zostały rozmieszczone w województwie mazowieckim. W warunkach pracy z danymi rzeczywistymi zaproponowane metody ponownie dowiodły poprawności działania, co potwierdziło możliwość ich wykorzystania w systemach radiolokacji pasywnej.

Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanego przez literaturę światową?

Oryginalnym dorobkiem autora jest głównie określenie oraz weryfikacja działania dwóch innowacyjnych metod dotyczących: wyznaczania lokalizacji nadajników uzupełniających oraz obliczania desynchronizacji czasowej między nadajnikami w sieciach jednoczęstotliwościowych na potrzeby radiolokacji pasywnej. Poprawność przyjętych metod została potwierdzona poprzez badania symulacyjne oraz w badaniach poligonowych w oparciu o rzeczywiste dane. Wszystkie pomiary, których wyniki zamieszczono w niniejszej rozprawie, wykonano za pomocą prostego demonstratora pasywnego radaru zbudowanego na potrzeby niniejszej rozprawy przez autora z wykorzystaniem programowalnych przenośnych odbiorników radiowych.

Rozprawa skupiona jest na obliczeniu desynchronizacji czasowej nadajników okazjonalnych, której znaczenie jest niedoceniane w literaturze światowej. Innowacyjne podejście autora w zaproponowanych rozwiązaniach rozważanych algorytmów polega na konstruktywnym wykorzystaniu, powszechnie uznawanych za niepożądane, wykryć w korelacji wzajemnej sygnałów z pary odbiorników pasywnego systemu radarowego pracującego w otoczeniu nadajników w sieci jednoczęstotliwościowej.

Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników /zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy/?

Rozprawa została zredagowana prawidłowo, a wyniki badań przedstawione zostały w sposób poprawny. Uchybieniem jest fakt, że w spisie treści rozprawy po rozdziale 6-tym jest rozdział ósmy. Natomiast na str. 96 rozdziałowi temu poprawnie przyporządkowano jednak numer siódmy

Układ pracy jest właściwy i logiczny. Rozprawa rozpoczyna się od wprowadzenia do tematyki radiolokacji pasywnej, a następnie szczegółowo omawiane są techniki lokalizacji emiterów w tym techniki TDoA wykorzystywane w proponowanych algorytmach. Następnie przedstawiono autorskie algorytmy. W rozdziale piątym omówiono zagadnienia związane z symulacją, w tym scenariusze testowania algorytmów oraz model sygnału. W rozdziale

szóstym rozprawy przedstawiono zagadnienia dotyczące badań eksperymentalnych, gdzie potwierdzono poprawność działania algorytmów lokalizacji i estymacji czasu desynchronizacji oraz opisano wpływ oszacowanej desynchronizacji nadajników w sieci jednoczęstotliwościowej na precyzję ich lokalizacji. W ostatnim rozdziale rozprawy zamieszczono podsumowanie pracy i możliwe kierunki dalszych badań.

Jakie są słabe strony rozprawy i jej wady?

W recenzowanej nie znalazłem definicji wartości desynchronizacji czasowej między nadajnikami DVB-T. Brakuje mi też dyskusji charakteru zmian tego parametru (losowy, zdeterminowany) oraz zakresu wartości. Wyjaśnienia w tej kwestii otrzymałem od doktoranta w dn. 16.08.2023 w formie e-maila.

Szkoda, że w punkcie 5.3.1 (*TDOA peak detection*) autor nie narysował schematu całego toru przetwarzania sygnałów lecz skupił się jedynie na układzie CFAR. Ponadto na rys. 19 brakuje połączenia między komórką testowaną (CUT), a układem progów. W tym fragmencie rozprawy nie znalazłem również uzasadnienia wyboru układu właśnie typu CA-CFAR spośród całej gamy rozwiązań.

W recenzowanej rozprawie spotkałem się z kilkakrotnym poruszaniem tego samego problemu połączonym z odsyłaczami do innych fragmentów rozprawy. Za każdym razem są to opisy dalekie od precyzyjnych. Tak jest np. w odniesieniu do zagadnień związanych z układami CFAR oraz wielodrogowością propagacji fal elektromagnetycznych. O tych ważnych problemach wspomniano w punkcie 5.3.1 oraz w punkcie 6.2.3. Za każdym razem opisy tych zagadnień oraz ich związku wywołują jednak wrażenie niedosytu.

Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Przydatność rozprawy dla nauk inżynieryjno-technicznych jest znaczna. Rozważane algorytmy stanowią oryginalne osiągnięcie. Mogą one być zastosowane w rzeczywistych systemach radiolokacji pasywnej.

Do której z następujących kategorii recenzent zalicza rozprawę?

- a) Nie spełniająca wymagań
- b) Wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c) Spełniająca wymagania
- d) Spełniająca wymagania z nadmiarem
- e) Wybitnie dobra zasługująca na wyróżnienie

W związku z Art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*, stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr. inż. Karola Klincewicza do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Informatyki Technicznej i Telekomunikacji w Politechnice Warszawskiej.

