

Dr. hab. inż. Jerzy PIETRASIŃSKI prof. WAT

Warszawa, 10.08.2022

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 analysis and synthesis for radar signals using chirp rate estimation
in the time frequency domain***

Autor rozprawy: mgr inż. Karol ABRATKIEWICZ

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 ABRATKIEWICZA dotyczy opracowania metod analizy oraz syntezy sygnałów radarowych w których wykorzystuje się estymatory określone mianem *chirp rate* (drugiej pochodnej fazy sygnału) w dziedzinie czas-częstotliwość.

Zagadnienie naukowe rozpatrywane w pracy zostało sformułowane w trzech następujących tezach badawczych:

1. można zrekonstruować impulsowy sygnał radarowy z nieliniową modulacją częstotliwości za pomocą estymatorów typu *chirp rate* w dziedzinie czas-częstotliwość.
2. można obliczyć podwójnie adaptacyjną transformację świergotową (*chirplet*) korzystając z okna analizy o dwóch parametrach zoptymalizowanych dla danego sygnału
3. można wyprowadzić zależność opisującą estymator trzeciego rzędu wielomianowej fazy przy użyciu krótko czasowej transformacji Fouriera.

Autor przeprowadza analizę oraz dokonuje rekonstrukcji sygnałów radarowych za pomocą algorytmów operujących w dziedzinie czas-częstotliwość. Dotyczy to algorytmów znanych z literatury jak i nowatorskich metod zaproponowanych przez doktoranta. Rozprawa ma charakter teoretyczny.

Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł/ w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle/ świadczą 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 141 pozycji literaturowych, z czego 24 to prace w których mgr inż. K. ABRATKIEWICZ jest autorem lub współautorem, opublikowane w prestiżowych czasopismach naukowych jak i zaprezentowane na cenionych konferencjach branżowych. Cytowane publikacje zostały wybrane poprawnie i stanowią odpowiednie źródło informacji o tematyce rozprawy. Świadczą one także o bogatej, usystematyzowanej wiedzy Autora w literaturze przedmiotu.

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

Stwierdzam, że Autor z poprawnie rozwiązał postawione zadanie używając do tego właściwych metod badawczych oraz przyjmując odpowiednie założenia. Autor przyjął, że analiza sygnałów niestacjonarnych i wielokomponentowych jest trudna lub niemal niemożliwa do realizacji za pomocą metod czasowych lub częstotliwościowych. Doktorant rozważa zatem metody oparte na łącznej analizie czasowo-częstotliwościowej, co jest podejściem poprawnym. W pracy konsekwentnie prezentowane są kolejne przykłady ilustrujące zasadność przyjętych założeń i wyselekcjonowanych metod przetwarzania sygnałów radarowych. Ponadto doktorant proponuje własne metody przetwarzania sygnałów i sukcesywnie potwierdza ich skuteczność w porównaniu do technik znanych z literatury. Rozwiązania te są poparte odpowiednimi analizami matematycznymi co świadczy, że doktorant dogłębnie rozumie problem i jest świadomy możliwości stosowanych narzędzi.

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?

Autor przeprowadza oryginalne rozważania teoretyczne oraz zaawansowane symulacje wybranych sygnałów radarowych. W szczególności oryginalność rozprawy przejawia się w koncepcji zastosowania nowych algorytmów przetwarzania sygnałów niestacjonarnych, dostosowaniu ich do pracy z sygnałami radarowymi, a następnie ich modyfikacji prowadzącej do optymalizacji jakości reprezentacji sygnału. Doktorant zaproponował również efektywne metody rekonstrukcji impulsów o nieliniowej modulacji częstotliwości. Na szczególne podkreślenie zasługują wyniki otrzymane w wyniku analizy sygnałów pomierzonych, których źródłem były niekooperujące radary impulsowe. Do istotnych osiągnięć autora należy również zaliczyć opracowanie nowej metody *synchro-squeezingu* na potrzeby ekstrakcji sygnałów o nieliniowej modulacji częstotliwości. Wspomniane osiągnięcia prowadzą do wniosku o istotnym wkładzie Autora w dziedzinie rozprawy.

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

Recenzowana rozprawa jest przekonująca, ma logiczny oraz poprawny układ i cechuje się precyzyjnie sformułowaną treścią. Stosunek przekazywanej treści do objętości rozprawy również nie budzi zastrzeżeń. Rozprawa została zorganizowana w formule dziewięciu rozdziałów oraz dwóch dodatków (A oraz B). W części zasadniczej rozprawy Autor przedstawia wyniki analizy symulacyjnej, a następnie sprawdza poprawność działania algorytmów z wykorzystaniem danych rzeczywistych pozyskanych z badań sygnałów generowanych przez radary. Stanowi to silny argument potwierdzający zarówno słuszność założeń, jak i skuteczność algorytmów. Zamieszczone na końcu rozprawy dodatki w postaci wyprowadzeń oraz dowodów matematycznych, dają jasny obraz badanych algorytmów oraz istotnie uzupełniają rozprawę o zagadnienia teoretyczne. Tekst jest zredagowany poprawnie.

Jakie są słabe strony rozprawy i jej wady?

W rozprawie trudno znaleźć istotne wady czy słabe strony. Wrażenie drobnego niedosytu sprawia jedynie brak dyskusji związanej z szerszą analizą lub spodziewanymi pracami poświęconymi analogicznemu zagadnieniu badanym z wykorzystaniem transformacji biliniowych lub falkowych. Co prawda Autor wykluczył je na początku pracy, jednak cennym wnioskiem na końcu rozprawy byłaby dodatkowa konkluzja mówiąca o możliwości adaptacji podobnych algorytmów dla przekształceń innych niż krótko czasowa transformacji Fouriera. W recenzowanej rozprawie, a dokładniej w Rozdziale 5 brakuje mi także precyzji w opisie charakterystyk sygnału typu NLFM generowanego przez radar typu ATC, do którego Autor odwołuje się w Rozdziale 6. Szkoda ponadto, że Autor nie wspomina w ogóle o sygnałach z kodowaniem wewnątrz impulsowym w kontekście możliwości ich analizy oraz ewentualnej rekonstrukcji.

Jaka jest przydatność rozprawy dla nauk technicznych?

Recenzowana rozprawa dobrze wpisuje się we współczesne trendy badań głównie w zakresie radarów w zastosowaniach wojskowych w aspekcie realizacji przez te sensory ważnych zadań w systemie teledetekcyjnym. W szczególności, moim zdaniem recenzowana rozprawa jest bardzo ważna w kontekście poszukiwań rozwiązań umożliwiających funkcjonowanie radaru kognitywnego w warunkach walki radioelektronicznej. Wynika to z faktu, że dotyczy ona opracowania wydajnych algorytmów przetwarzania sygnałów radarowych w dziedzinie czas-częstotliwość zarówno w sensie ich analizy jak i syntezy. Z punktu widzenia praktycznego znaczy to bowiem, iż ww. algorytmy można stosować zarówno na etapie wyboru strategii generacji sygnałów sondujących jak i na etapie ich analizy, co z kolei jest bardzo ważne m.in. w aspekcie walki radioelektronicznej. Świadczą o tym oryginalne wyniki otrzymane przez doktoranta potwierdzone w licznych publikacjach o światowym zasięgu.

Reasumując, uważam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Karola ABRATKIEWICZA została ona opracowana wręcz modelowo i wnosi istotny wkład do nauk

technicznych w poprzednio określonym zakresie. Dlatego też z przekonaniem wnioskuję o zaliczenie jej do kategorii wybitnie dobrej zasługującej na wyróżnienie.

Rozwiązania opisane w pracy powinny znaleźć zastosowanie w procesie projektowania radarów produkowanych przez polski przemysł radiolokacyjny.

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


10.08.2022