

Łódź, dnia 20.06.2020 r.

Prof. dr hab. inż. Bogusław Więcek
Politechnika Łódzka
Wydział Elektrotechniki, Elektroniki,
Informatyki i Automatyki
Instytut Elektroniki

Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Sławomira Goglera

pt. „Metoda wykrywania obiektów za pomocą analizy spolaryzowanego promieniowania w zakresie dalekiej podczerwieni”

1. Cel badań i tezy rozprawy

Celem badań prowadzonych przez mgra inż. Sławomira Goglera było opracowanie nowego algorytmu przetwarzania sygnału z matrycowego detektora bolometrycznego pracującego w zakresie dalekiej podczerwieni LWIR z uwzględnieniem parametrów polaryzacji fali elektromagnetycznej. Obrazowanie sceny za pomocą parametrów promieniowania spolaryzowanego może być zastosowane do skutecznego wykrywania obiektów w różnych warunkach otoczenia.

W pracy sformułowano jedną tezę:

Możliwe jest wykrywanie obiektów w zakresie widmowym dalekiej podczerwieni za pomocą polarymetru obrazowego z podziałem czasu realizującego przetwarzanie zarejestrowanego sygnału z zastosowaniem regresji liniowej.

Wydaje się, że teza jest oczywista lub niekompletna. Jeśli przyjąć, że model polarymetrycznego systemu obrazowania w podczerwieni jest liniowy, to bez wątplenia zastosowanie regresji liniowej jest uzasadnione. Jeśli natomiast, model ten jest opisany układem równań nieliniowych, to konieczna jest dodatkowa informacja o sposobie rozwiązania nieliniowego problemu odwrotnego.

Po zapoznaniu się z treścią rozprawy doktorskiej uważam, że Autor opracował oryginalną metodę wyznaczania parametrów polaryzacji promieniowania elektromagnetycznego w zakresie dalekiej podczerwieni i zastosował tę metodę do wykrywania obiektów. W tym kontekście potwierdzam, że udowodnienie postawionej tezy ma duże znaczenie praktyczne przy wykrywaniu obiektów obrazowymi metodami polarymetrycznymi w dalekiej podczerwieni.

Bez wątplenia tematyka przedstawiona w pracy jest aktualna w świetle badań naukowych prowadzonych na świecie w dziedzinie polarymetrycznych systemów obrazowych pracujących w zakresie dalekiej podczerwieni.

2. Charakter rozprawy (teoretyczny, doświadczalny, konstrukcyjny)

Recenzowana rozprawa ma charakter teoretyczno-doświadczalny. Na podkreślenie zasługuje opracowanie nie tylko oryginalnej metody wyznaczania parametrów polaryzacji promieniowania podczerwonego, ale także zastosowanie demonstracyjnej wersji polarymetru obrazowego LWIR do przeprowadzenia badań związanych z wykrywaniem obiektów w terenie, poza laboratorium. Część teoretyczna rozprawy jest obszerna i być może zbyt długa w porównaniu z częścią

dotyczącą oryginalnych osiągnięć Autora. Usprawiedliwieniem takiego układu pracy jest bogaty materiał eksperymentalny przedstawiony w pracy, który wymaga pogłębionego uzasadnienia teoretycznego, tym bardziej, że w literaturze naukowej, tematyka polarymetrycznych systemów obrazowych nie jest łatwo dostępna.

Rozprawa jest doskonałym materiałem źródłowym z zakresu detekcji i wykrywania obiektów w świetle spolaryzowanym, głównie w dziedzinie podczerwieni. Moim zdaniem materiał przedstawiony w rozprawie, po rozszerzeniu o ilościowe wyniki wykrywania obiektów, może być treścią monografii, która przedstawia podstawy, konstrukcje i zastosowania polarymetrycznych systemów obrazowych działających w zakresie podczerwieni.

3. Sposób przeprowadzenia analizy źródeł (w tym literatury światowej i stanu zagadnień w przemyśle). Sposób sformułowania wniosków z analizy.

Autor przestawił wzorowo stan wiedzy w rozważanej dziedzinie naukowej. Rozdział 1 zawiera opis znanych metod i polarymetrycznych systemów obrazowych pracujących w dziedzinie podczerwieni. Doktorant krytycznie ocenił obecnie stosowane metody wyznaczania parametrów polaryzacji światła podczerwonego, podając wady i zalety każdej z metod.

W rozdziale 2. przedstawiono parametry opisujące polaryzację promieniowania elektromagnetycznego w sposób ilościowy, w tym wektor Stokesa z macierzą Muellera, które zastosowano w opracowanym algorytmie przetwarzania sygnału z matrycy bolometrów.

W rozdziale 3. Autor przedstawił wpływ absorpcji, rozpraszania i odbicia na polaryzację promieniowania sceny docierającego do sensora bolometrycznego. Rozdział ten jest ważnym fragmentem pracy, gdyż pokazuje różne źródła polaryzacji promieniowania, które mierzy sensor bolometryczny, co może mieć wpływ na czułość i skuteczność proponowanej metody przy wykrywaniu obiektów.

Początkowe rozdziały rozprawy zakończone zostały wnioskami, które bezpośrednio wynikają z przeprowadzonej analizy stanu wiedzy. To dobra praktyka pisania rozprawy doktorskiej, która potwierdza kompetencje naukowe Doktoranta. W rozprawie zamieszczono 55 pozycji bibliograficznych, w tym 5, w których mgr inż. Sławomir Gogler jest współautorem. Cytowana literatura naukowa jest adekwatna do treści zawartych w rozprawie, co świadczy o dobrej znajomości Autora tematyki pomiarów w świetle spolaryzowanym.

4. Rozwiązanie postawionego zadania; właściwość przyjętych metod i założeń

Autor rozprawy podjął się trudnego i ambitnego zadania naukowego, które polegało na opracowaniu nowej metody przetwarzania sygnału z matrycy bolometrów z uwzględnieniem zjawiska częściowej polaryzacji promieniowania własnego i odbitego w zakresie dalekiej podczerwieni LWIR. Do rozwiązania postawionego problemu, mgr Sławomir Gogler zastosował właściwe narzędzia, w tym dostępne oprogramowanie typu CAD, np. bazę charakterystyk absorpcyjnych gazów atmosferycznych HITRAN oraz program ZEMAX do projektowania torów optycznych systemów obrazowych. Ponadto, Autor opracował w środowisku Matlab własne programy do analizy promieniowania rozproszonego i do wyznaczenia przewidywanej macierzy Muellera.

Najważniejszym elementem badań były eksperymenty wykonane z zastosowaniem demonstratora analizującego stopień polaryzacji promieniowania w zakresie dalekiej podczerwieni metodą podziału w dziedzinie czasu. System ten

opracowano w Instytucie Optoelektroniki WAT. Badania eksperymentalne prowadzone były zarówno w laboratorium, jak i na zewnątrz, w terenie miejskim. Badania przeprowadzone w laboratorium umożliwiły geometryczne justowanie bolometrycznego polarymetru obrazowego. Badania zewnętrzne służyły potwierdzeniu skuteczności wykrywania wybranych obiektów w naturalnych warunkach środowiskowych.

5. Oryginalność rozprawy; samodzielny dorobek autora; pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy prezentowanego w literaturze światowej

Oryginalnym wkładem Autora rozprawy jest metoda przetwarzania obrazu z matrycowego sensora bolometrycznego, która prowadzi do wyznaczenia wartości składowych wektora Stokesa promieniowania analizowanej sceny w zakresie dalekiej podczerwieni. W szczególności na podkreślenie zasługuje procedura kalibracji przedstawiona w rozdziale 5.2 i na rys. 5.6, która uwzględnia wpływ toru optycznego na polaryzację mierzonego promieniowania i w konsekwencji na wyniki pomiarów. Szczegółowa analiza doprowadziła do wniosku, że problem dichroizmu elementów toru optycznego demonstratora jest do pominięcia. W rezultacie macierz Muellera jest zbliżona do macierzy jednostkowej, co zdecydowanie upraszcza dalszą analizę numeryczną i wyznaczanie wartości elementów wektora Stokesa. Ponadto, w rozprawie zaproponowano procedurę geometrycznego justowania dla opracowanego polarymetrycznego systemu obrazowego w celu wyznaczenia referencyjnego azymutu polaryzatora.

6. Poprawność przedstawienia uzyskanych wyników (zwięzłość, jasność, umiejętność przekonywania, poprawność redakcyjna)

Rozprawa zredagowana jest w sposób staranny. Napisana jest zwięźle, ale jednocześnie jasno i merytorycznie. Wyniki analiz teoretycznych i prac doświadczalnych przedstawione zostały w rozprawie w sposób właściwy. Na podkreślenie zasługuje duża liczba obrazów, wykresów i tabel, które jasno prezentują uzyskane rezultaty. W niektórych fragmentach rozprawy można zauważyć uproszczony i nietechniczny język. Przykładem może być sformułowanie „zawartość częstotliwościowa”. Wydaje się, że niektóre zwroty są literalnymi tłumaczeniami z języka angielskiego.

7. Słabe strony rozprawy, jej główne wady

Praca wykonana jest starannie i nie zauważyłem w niej ewidentnych wad i pomyłek. Pewne problemy zostały przedstawione skrótowo i mogą być tematem dyskusji w czasie obrony.

1. W rozdziale 5.2.3 Autor przeprowadził kalibrację systemu dla różnych wartości temperatury ciała czarnego i zaproponował aproksymację zmian temperatury źródła referencyjnego w czasie, stosując funkcję kwadratową. Analizując przebieg temperatury z punktem przegięcia na rys. 5.14 wydaje się, że lepszą aproksymację można uzyskać aplikując skończony szereg funkcji eksponentialnych. Można zatem zadać pytanie, czy i w jakim stopniu aproksymacja (5.19) ma wpływ na ocenę dichroizmu toru optycznego przyrządu.

2. Rozdział 6 zawiera wyniki eksperymentów wykrywania obiektów w terenie miejskim. Wyniki w sposób jakościowy przedstawiają wizualizację parametrów wektora Stokesa oraz potwierdzają skuteczność detekcji wybranych obiektów w określonych warunkach otoczenia. Proszę Doktoranta o odpowiedź, czy i jak można zdefiniować obiektywną miarę czułości metody wyznaczania wartości parametrów polaryzacji badanej sceny, a w konsekwencji skuteczności wykrywania różnych obiektów w różnych warunkach otoczenia? Wydaje się, że ta część prac badawczych może być dalej kontynuowana i może zaowocować wartościowymi publikacjami.
3. W rozprawie nie podano długości fali lasera stosowanego do justowania przyrządu pomiarowego. Proszę Doktoranta o uzupełnienie tej informacji oraz ustosunkowanie się, czy długość fali lasera może wpłynąć na wynik określenia azymutu polaryzatora.
4. Zastanawiająca jest niewielka liczba publikacji związanych tematycznie z problematyką przedstawioną w rozprawie, w których Doktorant jest współautorem. Gdyby nie ten fakt, to bez wątplenia można postawić wniosek o wyróżnienie recenzowanej rozprawy doktorskiej. Interesujący, ważny i aktualny problem naukowy podjęty przez Doktoranta powinien być poddany ocenie zewnętrznych ekspertów i rozpowszechnieniu w skali międzynarodowej.

8. Przydatność rozprawy dla nauk technicznych, przemysłu, obronności kraju, wniosek końcowy

Wysoko oceniam aspekt praktyczny recenzowanej rozprawy doktorskiej i jej przydatność do zastosowań technicznych, w tym do wykrywania obiektów w różnych warunkach otoczenia. Na podstawie przedstawionej rozprawy można jednoznacznie skonstatować, że Doktorant samodzielnie rozwiązał ważny problem naukowy i zastosował do tego właściwe narzędzia badawcze. Wykazał przy tym dobrą znajomość problematyki polarymetrycznych systemów pomiarowych działających w dalekiej podczerwieni.

Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgra inż. Sławomira Goglera zawiera ważne i oryginalne rezultaty naukowe i spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim sformułowane w *Ustawie z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki*.

Wnioskuje o dopuszczenie dysertacji do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

.....
Bogusław Więcek