

Białystok, 4 maja 2023 r.

Dr hab. inż. Ewa Świercz, prof. PB
Katedra Fotoniki, Elektroniki i Techniki Światłnej
Wydział Elektryczny Politechniki Białostockiej
ul. Wiejska 45D, 15-351 Białystok

***Recenzja osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej
dr inż. Jana Matuszewskiego (Wydział Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej
im. Jarosława Dąbrowskiego w Warszawie)
w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego***

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego, prof. dr hab. inż. Jana K. Jabczyńskiego, na podstawie Uchwały Rady Dyscypliny Naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego nr 11/RDN AEE z dnia 22 lutego 2023 r. w sprawie powołania członka komisji habilitacyjnej wyznaczonego przez RDN w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr inż. Janowi Matuszowskiemu w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie Dokumentacji Wniosku habilitacyjnego dr inż. Jana Matuszewskiego, która zawiera:

- Wniosek przewodni z dnia 20 września 2022 r. o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie *automatyka, elektronika i elektrotechnika*;
- Dane wnioskodawcy (Załącznik nr 2);
- Kopię dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora (Załącznik nr 3);
- Autoreferat w języku polskim (Załącznik nr 4);
- Autoreferat w języku angielskim (Załącznik nr 5);
- Wykaz osiągnięć naukowych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny (Załącznik nr 6);
- Oświadczenia współautorów prac zbiorowych (Załącznik nr 7);
- Wykaz cytowań z podaniem liczby cytowań i indeksu Hirscha (Załącznik nr 8);
- Kopie cyklu 16 publikacji powiązanych tematycznie (Załącznik nr 9);
- Nośnik z elektronicznymi wersjami załączonych dokumentów (Załącznik nr 10).

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Dokonując oceny osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej dr inż. Jana Matuszewskiego (WAT Warszawa) w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego należy podkreślić bardzo staranną i kompletną formę redakcji złożonej dokumentacji. Ułatwia to znakomicie sformułowanie wniosków i opinii zarówno o wartości merytorycznej osiągnięcia naukowego, jak i o całej działalności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej habilitanta. Tematyka w którą wpisuje się osiągnięcie naukowe, ma doniosłe

znaczenie na współczesnym polu walki, gdzie walka elektroniczna odgrywa znaczącą rolę, tym bardziej, że każda armia wprowadza coraz bardziej wyrafinowane wyposażenie z nowymi konstrukcjami radarów i dużą różnorodnością struktur sygnałów przez nie emitowanych. Wojna elektroniczna to wręcz dziedzina nauki i inżynierii, która bardzo dynamicznie ulega zmianom, a rozpoznanie odebranej emisji radarowej wykonywanej przez systemy ELINT (rozpoznanie elektroniczne) może ułatwić strategię obronne.

Przedstawione osiągnięcie naukowe jest wycinkiem żmudnej i wytrwałej działalności naukowej prowadzonej przez habilitanta przez wiele lat, poczynając od prac na rozprawę doktorską nt. *„Ocena informatywności parametrów sygnałów radiolokacyjnych w systemie rozpoznawania i klasyfikacji źródeł promieniowania”* obronionej w 1985 roku. Kontynuacja tej problematyki w następnych latach pozwoliła na szersze spojrzenie na nowe możliwości opracowania metod i algorytmów rozpoznawania, czy klasyfikacji nowych, złożonych struktur sygnału. Nowoczesne struktury sygnałowe to między innymi sygnały ze złożonymi nieliniowymi modulacjami częstotliwościowymi wewnątrz-impulsowymi, między-impulsowymi, z płynnie lub skokowo zmienianym okresem powtarzania impulsów (PRI) oraz ze mianami szerokości impulsów. Wiąże się to z koniecznością wykorzystania nowatorskich, zaawansowanych metod, algorytmów i narzędzi przetwarzania takich sygnałów.

Osiągnięcie naukowe habilitanta jest cyklem 16 publikacji koncentrujących się wokół jednorodnej tematyki o wspólnym tytule: *„Badanie specyficznych metod identyfikacji, lokalizacji i zakłóceń radarów dla potrzeb systemów rozpoznania i walki radioelektronicznej”*. Tytuł cyklu wskazuje, że tematyka publikacji jest ściśle związana z gromadzeniem i analizą danych emitowanych na polu walki elektronicznej, co jest zadaniem systemu RRE (ang. ELINT). Z pewnością taka tematyka nie ułatwia wykonania pełnej recenzji przez recenzenta, ponieważ dane mogą być chronione klauzulą tajności i nie wszystkie prace habilitanta mogą być ujawnione. Natomiast przedstawione algorytmy w osiągnięciu naukowym są niejednokrotnie wykorzystane na danych pochodzących z rzeczywistych pomiarów radarowych, co daje możliwość wdrożenia tych algorytmów w rzeczywistych systemach ELINT. Takie wdrożenia są wskazane w Autoreferacie i znajdują się w projektach realizowanych na potrzeby Wojska Polskiego, np. opracowanie stacji rozpoznania systemów radiolokacyjnych BREŃ (1993-1998), opracowanie oprogramowania specjalistycznego urządzenia BREŃ-2 (1999–2002), modernizacja i rozbudowa stacji LENA-3M (2001-2003).

Artykuły są ponumerowane mniej więcej chronologicznie, co dokumentuje proces badawczy nad tematyką w horyzoncie czasowym od 1998 r. do 2022 r., a więc po uzyskaniu stopnia doktora. Zdecydowanie szybszy przyrost liczby publikacji jest obserwowany w latach 2016-2022 i w tych artykułach widoczny jest szybszy rozwój strategii rozpoznania. Prezentowaną problematykę w cyklu publikacji można podzielić na trzy grupy zagadnień:

- rozpoznanie i identyfikacja odebranych sygnałów radarowych - źródeł emisji (ZE) (publikacje 1-12),
- lokalizacja położenia źródła emisji (publikacje 13-14),
- ochrona posiadanych zasobów źródeł emisji poprzez skuteczne zakłócenia radiolokacyjne (publikacje 15-16).

Każda z tych grup tematycznych posiada bardziej szczegółowe opracowania zarówno teoretyczne, jak i wskazania aplikacyjne.

W rozpoznaniu i identyfikacji ZE rozważono następujące zagadnienia:

- budowa wzorca (metryki) ZE w bazie danych emiterów (BDE), z wykorzystaniem podstawowych mierzalnych parametrów sygnału radarowego, ekstrakcji dodatkowych cech dystynktywnych i budowy bazy wiedzy (BW) wspomaganej przez systemy ekspertowe,
- rozpoznanie sygnałów radarowych poprzez transformacje pozwalające na uszeregowanie cech dyskryminujących stosownie do potencjału dyskryminującego,
- hierarchiczne grupowanie danych uwzględniające różne miary podobieństwa obiektów i wykorzystanie odpowiednio zdefiniowanych metryk przynależności do danej grupy w przypadku braku wzorca w bazie danych (BD),
- klasyfikację źródeł emisji na podstawie klasyfikatorów neuronowych.

Lokalizacja położenia źródła emisji odnosiła się do analizy błędów lokalizacji ZE wynikających z błędów pomiarowych, z zastosowaniem metod: triangulacyjnej, radialno-kołowej i różnicy czasu przybycia TDOA. Analiza i twórcze rozwinięcie tych metod pozwoliły na:

- wyprowadzenie wariantów estymacji estymatora największej wiarygodności do określenia błędu położenia,
- przeprowadzenie symulacji w uproszczonym schemacie lokalizacji ZE.

Trzecia grupa zagadnień dotyczyła oceny skuteczności zakłóceń radiolokacyjnych uniemożliwiających skuteczne wykorzystanie widma elektromagnetycznego dla różnych wariantów lokalizacji ochraniających stacji radiolokacyjnych. Rozważania dotyczyły:

- analizy metod oceny skuteczności zakłóceń radiolokacyjnych radaru naziemnego przez samolotowe nadajniki zakłóceń i radaru na platformie powietrznej przez naziemne stacje zakłóceń,
- wyznaczenie efektywnych stref zakłóceń radiolokacyjnych.

W zbiorze 16 publikacji 10 publikacji stanowią publikacje autorskie habilitanta, 6 pozostałych publikacji ma dwóch autorów, a habilitant ma w nich udział nie mniejszy niż 50%. W każdej publikacji udział habilitanta jest dokładnie określony i potwierdzony przez współautorów.

2.1 Ocena bibliometryczna osiągnięcia naukowego

Cykl publikacji, przedstawiony przez kandydata jako osiągnięcie naukowe, składa się z 16 artykułów, w tym 4 artykułów w czasopismach z list Ministerstwa NiSW i Ministerstwa EiN:

- 2 artykuły w Przeglądzie Elektrotechnicznym (2008, 20 pkt. MNiSW, 2021, 70 pkt. MEiN),
- 1 artykuł w Sensors (2021, 100 pkt. MEiN),
- 1 artykuł w Metrology and Measurement Systems (2021, 100 pkt., MEiN)

oraz 12 referatów opublikowanych w materiałach konferencji naukowych, indeksowanych w bazie Web of Science Core Collection (WoS), Scopus oraz Google Scholar.

Większość artykułów konferencyjnych jest również indeksowana w bazie IEEE Explore, która jest bardzo wysoko ceniona w światowej społeczności naukowo-technicznej. Wszystkie referaty konferencji zamieszczone w osiągnięciu naukowym zostały zaprezentowane na konferencjach odbywających się do 2018 r. (włącznie) i znalazły się w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt. 2 lit. b.

ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574 z późn. zm.) zwanej dalej **Ustawą**.

Treść cyklu publikacji świadczy o rozległej wiedzy kandydata z wielu obszarów tematycznych, co pozwala na właściwy wybór zaawansowanych metod przetwarzania sygnałów, które są wykorzystane do analizy emisji pochodzących z nieznanego źródła promieniowania elektromagnetycznego. Przetwarzanie sygnałów jest wspomagane między innymi wykorzystaniem elementów uczenia maszynowego, algorytmów sztucznej inteligencji, algorytmów wnioskowania statystycznego oraz algorytmów estymacji w procesie rozpoznawania i klasyfikacji danych. Obok rozpoznania struktury czasowo-częstotliwościowej przechwyconych danych ważna jest również lokalizacja ich emitera i ocena błędu oszacowania jego położenia. Osobnym problemem jest też ochrona własnych zasobów i obliczenie skuteczności zakłóceń radiolokacyjnych uniemożliwiających odebranie przez przeciwnika właściwych informacji o własnych parametrach emisji elektromagnetycznej. Można w ten sposób śledzić obce emisje i jednocześnie osłaniając emisje własne pozostawać niewidocznym.

Liczbowe zestawienie artykułów przedstawiono w Tabeli 1 w Załączniku nr 4. Uważam, że prace te reprezentują wysoki poziom merytoryczny, o czym świadczy również liczba cytowań poszczególnych pozycji cyklu składającego się na osiągnięcie naukowe. Artykuły zaliczone do osiągnięcia naukowego, indeksowane w stosownych bazach, uzyskały następujące liczby cytowań :

- w bazie WoS **139** cytowań,
- w bazie Scopus **235** cytowań,
- w bazie Google Scholar **269** cytowań.

W Tabeli 1 zauważono nieścisłość w punktacji przyznawanej przez MNiSW za publikacje pokonferencyjne w Proceedings of SPIE. Od roku 2019 MNiSW przyznaje za te publikacje 5 punktów, a nie 15 punktów, jak wskazał habilitant. Oznacza to korektę punktową w kolumnie „Punkty MNiSW” z **395** na **375** punktów.

Sumaryczny wskaźnik Impact Factor (IF) 16 publikacji stanowiących cykl jest równy **5.171** (wg bazy WoS, zgodnie z wartościami współczynnika IF w latach opublikowania artykułów). W opinii recenzenta pomimo małej wartości wskaźnika IF, liczby cytowań publikacji osiągnięcia naukowego świadczą pozytywnie o zainteresowaniu środowiska wynikami prac kandydata.

2.2 Ocena merytoryczna osiągnięcia naukowego

Publikacje zawarte w cyklu 16 publikacji składających się na osiągnięcie naukowe tworzą spójny cykl tematyczny obejmujący rozpoznanie emisji elektromagnetycznej generowanej przez radar, lokalizację źródła emisji, ochrona własnych emisji. Tematyka cyklu jest częścią obszaru wiedzy dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

Art. [1] W artykule zaproponowano podstawowe statystyki matematyczne, estymację parametrów oraz podejście minimalnej objętości wzorca elipsoidalnego do budowy wzorców w klasyfikacji obiektów. Do pełnej oceny brakuje porównania otrzymanej klasyfikacji z innymi metodami klasyfikacji dla tego samego wektora pomiarowego.

Art. [2] W artykule przedstawiono szkic budowy systemu ekspertowego opartego o zbiór reguł postaci warunków logicznych oraz bazy wiedzy, w której dane są zapisane w postaci faktów i reguł. Systemy ELINT posiadają systemy ekspertowe bardzo zaawansowane, które są chronione klauzulą tajności i nie są dostępne do porównań w publikacjach powszechnie dostępnych. Dlatego też trudno jest ostatecznie ocenić stopień oryginalności propozycji przedstawionej w pozycji [2].

Art. [3] W artykule pokazano rzeczywiste pomiary sygnałów z dwóch typów radarów, z których można utworzyć „fingerprint” - swoisty znak (zestaw cech) każdego typu radaru, który jest pomocny w identyfikacji radaru, a więc w jego rozpoznaniu. W opisie rzeczywistej klasyfikacji nie zawsze wystarcza logika zero-jedynkowa i pojawia się potrzeba wprowadzenia bardziej elastycznych (rozmytych) reguł podjęcia decyzji w przypadku niepewności. W podejściu rozmytym klasyczna dwuwartościowa funkcja przynależności obiektu do określonego zbioru, zostaje zastąpiona przez funkcję „rozmytą”. W artykule zasygnalizowana jest możliwość wykorzystania logiki rozmytej, ale bez analizy na otrzymanych danych pomiarowych i bez podania szczegółów projektowych bazy wiedzy (BW). Zrozumiałym jest fakt, że projekt uniwersalny systemu ekspertowego nie jest możliwy ze względu na ogromną różnorodność systemów radarowych i możliwych kombinacji parametrów pomiarowych, np. wiele zakresów częstotliwości, wielokrotnie przemienny okres powtarzania impulsów, różnorodne rodzaje emisji (ciągła, impulsowa, przerywana) itd. Z drugiej strony są to algorytmy z danymi wrażliwymi, więc pełne przedstawienie bazy wiedzy mogło być niemożliwe na użytek publikacji ogólnodostępnej.

Art. [4] - art. [5]. W artykułach przedstawiono analizę parametrów rzeczywistych pomiarów sygnałów radarowych, których wartości ulegają zmianie w czasie pomiarów (np. zmiana PRI, PD). Wymaga to rozbudowy bazy danych o specyficzne metryki danych i zaprojektowanie bardziej elastycznej bazy wiedzy wspomagającej wypracowanie decyzji o rozpoznaniu sygnału. Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem byłaby fuzja artykułów [3-5] i zredagowanie jednej publikacji, niekoniecznie konferencyjnej, syntetyzującej zawartość tych trzech publikacji. Jest oczywiste, że różnorodność cech i dobrze określona baza danych z wykorzystaniem systemów ekspertowych [1-5] może zwiększyć skuteczność algorytmów klasyfikacji emiterów promieniowania.

Art. [6] W tej publikacji habilitant wykorzystał dane N wymiarowego wektora pomiarowego jako zbiór cech opisujących źródło emisji. Wektory pomiarowe różnych źródeł (różnych klas) powinny zostać przekształcone do postaci zapewniającej separację klas. Habilitant zaproponował wykorzystanie rozszerzonego kryterium Fishera do separacji klas. Wymaga to rzutowania wektorów cech na kierunki zapewniające maksymalizację odległości separujących klasy. Aby to osiągnąć habilitant wykorzystał klasyczne kryterium Fishera. Habilitant przeanalizował redukcję wymiarowości wektora cech z wykorzystaniem PCA (*analiza komponentów głównych*) i klasyfikator bazujący na minimalnej odległości, ważonej do każdej ze znanych klas. O ile część teoretyczna publikacji bazująca na znanych teoriach zaproponowana do rzeczywistych danych radarowych jest niewątpliwie nowością i nie budzi wątpliwości, to praktyczne zastosowanie opisanej teorii w identyfikacji źródła emisji np. pokazanie implementacji na danych rzeczywistych jest skrótowe i niepełne. Stwierdzenie, że wykorzystanie metody wektorów dyskryminujących może zmniejszyć prawdopodobieństwo błędu klasyfikacji o około 10%-15% nie jest poparte doświadczeniami z innymi metodami, które stanowiłyby podstawę takiego wniosku. Rysunek 2 i Rysunek 3 (Fig. 2, Fig. 3) zawierają polskie nazwy *Klasa ω_1* , *Klasa ω_2* , pomimo angielskiego tekstu publikacji.

Dodatkowo Fig. 3 zawiera błędny opis *Klasa ω_1* , *Klasa ω_1* .

Art. [7] Umiejętność grupowania podobnych danych w klastry jest jedną z fundamentalnych składowych szeroko rozumianej inteligencji. Habilitant przedstawił hierarchiczną metodę grupowania danych radarowych poprzez kolejne iteracje prowadzące do otrzymania dendrogramu i akceptowalnej listy klastrów. Jako najlepszą miarę podobieństwa w rozważanej sytuacji autor ostatecznie wybrał miarę odległościową Euklidesa, dającą poprawne wyniki dla kilku badanych kryteriów przy doświadczalnym ustaleniu wartości progowej. Metodę klasteryzacji można zastosować w przypadkach rozpoznania sygnałów radarowych pochodzących od nieznanych ZE, które nie mają wzorców w bazie danych systemu RRE. Wykorzystanie klasteryzacji może nie jest nową ideą w procesie rozpoznania sygnałów radarowych i była ona już badana np. w publikacji **J. DUDCZYK**: “*Radar emission sources identification based on hierarchical agglomerative clustering for large data sets*”, **Journal of Sensors**, vol. 2016 (2016), Article ID 1879327, pp. 1-9, to zastosowane modyfikacje, implementacja algorytmu hierarchicznego grupowania, analiza przydatności i skuteczności w procesie identyfikacji sygnałów radarowych jest podejściem nowatorskim.

Art. [8] Złożona struktura sygnału radarowego skłoniła habilitanta do sięgnięcia po narzędzia sztucznej inteligencji. Do obliczeń komputerowych wybrano 4 parametry sygnału radarowego (częstotliwość nośną, czas trwania impulsów, częstotliwość powtarzania impulsów i okres obrotów anteny) dla 13 różnych typów radaru. Trudnością w takim zestawie danych jest pokrywanie się cech (parametrów) sygnałów pochodzących z różnych źródeł, co zdecydowanie komplikuje zadanie rozpoznania źródła pochodzenia konkretnego sygnału. Rozpoznanie dokonano przy pomocy klasycznej SN (sieci neuronowej) z dwoma warstwami ukrytymi i z dwoma wariantami optymalizacji, wykorzystując algorytm Levenberga-Marquardta i algorytm gradientu sprzężonego. Zaproponowano funkcje Matlaba wykorzystujące gradientowe metody optymalizacji doboru wag w sieciach wielowarstwowych. Wyniki, przedstawione w Table 2 i w Table 3, są kontrowersyjne. Tytuły tabel (Tables) są niepoprawnie przedstawione w języku angielskim – powinno być *Levenberg-Marquardt algorithm*, a nie *Levenberga-Marquardta algorithm*, *conjugate gradient algorithm* a nie *the coupled gradient metod*. Nie jest zrozumiała różnica między pojęciem *epoch* a *iteration* w obu tabelach. W Matlabie pojęcia *epoch* i *iteracje* oznaczają to samo. Zastanawiający jest też bardzo długi czas treningu wynoszący **81 [min]** podany w trzeciej kolumnie w Table 2. Wyniki podane w Table 3 są również kontrowersyjne. Do porównania wzięto kolumnę 1 i kolumnę 6 w Table 3. Błąd MSE w kolumnie 1 jest równy $1,51 \times 10^{-7}$, a prawdopodobieństwo poprawnego wykrycia jest równe 54,37%, podczas gdy w kolumnie 6 $MSE=6,22 \times 10^{-2}$ czyli o pięć rzędów wielkości większy, a prawdopodobieństwo poprawnego wykrycia wyniosło 91,61%. Nie jest podany też sposób wykorzystania danych do treningu i testowania. Z pewnością takie wyniki należało skomentować. Istnieją różne sposoby rozwiązywania problemu wyboru proporcji rozmiaru części treningowej i testowej. Wynikają one przede wszystkim z założenia, iż można przeprowadzić więcej niż jeden etap budowy i oceny jakości klasyfikatora (walidacja krzyżowa). Przedstawiony w artykule sposób oceny klasyfikatora (rozpoznania) w ocenie recenzenta jest bardzo uproszczony.

Art. [9] W publikacji tej metodyka rozpoznania źródeł emisji jest podobna jak w publikacji [8]. Główna różnica polega na rozszerzeniu liczby wzorców (dodatkowo wykorzystano średnie zbiorów sygnałów wejściowych i odchylenia standardowe z pomiarów z tego samego źródła), co wymusza zmianę typu architektury sieci. Do badania skuteczności rozpoznawania sygnałów radarowych zbudowano wielowarstwową sieć neuronową

ze sprzężeniem zwrotnym. Nie bardzo wiadomo co oznacza pojęcie epoka w Tablicy 2 i w Tablicy 3. Wyjaśnienia wymaga również fraza „*natomiast w algorytmie Levenberga-Marquardta najdłuższy czas uczenia się sieci osiągnął 81 minut*” co zostało pokazane w kolumnie 3 w Tablicy 2 i zauważone wcześniej w publikacji [8]. Recenzent uznaje ten czas jako podejrzenie długa.

Art. [10] W publikacji przedstawiono kontynuację badań klasyfikacji sygnałów radarowych z wykorzystaniem sieci neuronowych. Znacznie rozszerzono scenariusz klasyfikacji poprzez zwiększenie wymiarowości wektora cech i zwiększenie liczby rozpoznawanych źródeł emisji. Podobnie jak w poprzednich publikacjach dopasowano strukturę sieci do wymiarowości problemu i porównano efektywność klasyfikacji z klasyfikacją klasyczną. Pokazano więc korzyści wynikające z zastosowania klasyfikacji klasyfikatorem neuronowym, w porównaniu z klasyfikacją klasyczną.

Art. [11] Głębokie sieci neuronowe i związane z tym głębokie uczenie stworzyły nowe perspektywy rozwoju sztucznej inteligencji. Mają lepsze zdolności uogólniania wiedzy nabytej w uczeniu niż sieci klasyczne, a proces uczenia nie wymaga kontroli człowieka. Głównym celem artykułu jest propozycja i analiza oprogramowania, które na podstawie symulacji wzorców sygnałów ma je przypisać określonej klasie, wykorzystując fazę uczenia i właściwej klasyfikacji. Wykorzystano implementację kilku struktur sieci neuronowych i wykonano analizę możliwości obliczeniowych procesorów GPU i CPU. Nie bardzo wiadomo jak należy interpretować wyniki w Table 5, gdzie dla SNR = -20 [dB], czyli bardzo dużego szumu zakłócającego osiągnięto 93.7 % poprawnej klasyfikacji, podczas gdy dla SNR = 0.8 [dB] tylko 73.4 % poprawnej klasyfikacji. Znacznie bardziej przekonujące jest operowanie poziomem szumu wprowadzanego do obliczeń. Propozycja uwzględnienia głębokich sieci neuronowych w strukturach urządzeń ELINT jest niewątpliwie nową i obiecującą ideą.

Art. [12] W tej pozycji przedstawiono kompletne studium rozpoznania sygnałów pochodzących z 18 ZE (18 klas sygnałów), a więc z gęstego środowiska emisji elektromagnetycznych. Sygnały były reprezentowane przez parametry, których zakresy się pokrywały, co zadecydowało o wykorzystaniu do rozpoznania sieci głębokich CNN (Convolutional Neural Network). Skuteczna implementacja CNN stała się możliwa dzięki olbrzymiemu postępowi w rozwoju technologii informatycznych, umożliwiającemu ogromne przyspieszenie obliczeń. Artykuł zawiera opis komponentów oprogramowania, podsystemu uczącego się i generatora sygnałów. W artykule przedstawiono bogaty spis literatury zawierający wiedzę o szczegółach teoretycznych zastosowanych algorytmów w procesach generacji sygnałów w procesie uczenia sieci i oceny jakości zaproponowanego podejścia. Jednoczesna analiza zestawu trzech mierzalnych parametrów sygnału była możliwa dzięki operacji połączenia trzech modeli sieci CNN (PD, PRI, TW) oraz analizie odpowiedzi uzyskanej przez te sieci.

Art. [13] – art. [14] to wynik badań habilitanta nad oceną lokalizacji źródła promieniowania i oceną błędów lokalizacji. Błędy lokalizacji emiterów zależą zarówno od dokładności pomiaru namierników (DF), jak i od ich rozmieszczenia w środowisku elektromagnetycznym. Aby obliczyć położenie emitera, system ESM wymaga informacji z co najmniej dwóch DF. W przypadku większej liczby namierników tworzą się błędy wynikające z różnych punktów przecięcia krzywych, rodzaj których wynika z zastosowanej metody. Cennym osiągnięciem habilitanta jest wypracowanie analitycznych wzorów pozwalających na oszacowanie położenia źródła emisji, oszacowanie obszaru lokalizacji emitera dla różnych rozmieszczeń

namierników. Właściwości proponowanych metod określania współrzędnych źródła emisji na płaszczyźnie zostały zbadane na podstawie obszernych danych symulacyjnych dla znanej lokalizacji ZE i zadanych współrzędnych rozmieszczenia namierników.

Art. [15] – art. [16] dotyczą osłony własnych zasobów promieniowania przed niepożądanym wykorzystaniem przez innych uczestników wojny elektronicznej. W pozycjach [15-16] przedstawiono niezbędne zależności matematyczne potrzebne do obliczania skuteczności zakłóceń radiolokacyjnych przy określonej sytuacji radiolokacyjnej. Na podstawie analizy otrzymanych wyników obliczeń można stwierdzić, że dysponując odpowiednią bazą danych o parametrach taktyczno-technicznych radarów można dobrać parametry sygnału zakłócającego w sposób, który przyniesie wysoką skuteczność zakłóceń radaru.

Dr inż. Jan Matuszewski wniósł oryginalny przyczynek do rozwoju metod i algorytmów w rozpoznawaniu struktur czasowo-częstotliwościowych odebranych emisji elektromagnetycznych, do klasyfikacji odebranych emisji, do oceny położenia źródeł emisji oraz do oceny możliwości ochrony własnych zasobów emisji promieniowania elektromagnetycznego. Ten rodzaj specjalistycznego przetwarzania złożonych danych pomiarowych zawierających parametry sygnału radarowego ma na celu wydobywanie możliwie najwięcej informacji o stanie środowiska elektromagnetycznego.

Kreatywne kombinacje istniejących metod oraz oryginalne modyfikacje algorytmów klasyfikacji pozwoliły często na uzyskanie lepszych efektów rozpoznania, niż podejście klasyczne.

Jednakże zamiast kilkunastopunktowych publikacji, które ukazały się w latach 2008-2020 (głównie artykułów pokonferencyjnych jako rozdziałów w monografiach np. w „Proceedings of SPIE”), habilitant powinien w tym okresie opublikować wysoko punktowane artykuły w indeksowanych czasopismach posiadających Impact Factor. Takie działanie niewątpliwie zwiększyłoby wartości podstawowych wskaźników bibliometrycznych np. Impact Factor, a tym samym polepszyłoby to jakość osiągnięcia naukowego habilitanta.

Na stronach 7-8 „Autoreferatu” (Załącznik nr 4), habilitant wymienił 12 szczegółowych osiągnięć własnych, które można zgrupować w trzy grupy problemów badawczych (rozpoznanie i klasyfikacja, lokalizacja źródeł emisji, analiza celowych zakłóceń) i z tymi osiągnięciami zgadza się recenzent, biorąc pod uwagę specyficzny, złożony sygnał radarowy, na którym badano unikalne algorytmy ogólnie pojętego przetwarzania:

- opracowanie nowej metody budowy wzorca radaru (metryki) w bazie danych (BD), uwzględniającego parametry podstawowe sygnału radarowego oraz dodatkowe cechy dystynktywne,
- przedstawienie możliwości wykorzystania bazy wiedzy uwzględniającej specyficzne cechy sygnału radarowego w systemie rozpoznania radioelektronicznego (RRE),
- opracowanie oraz implementacja wektorów dyskryminacyjnych w procesie rozpoznawania sygnałów radarowych,
- analiza miar odległościowych w procesie specyficznej identyfikacji ZE przy użyciu hierarchicznego algorytmu taksonomicznego (ang. *Hierarchical Clustering Algorithm*), uwzględniającego różne miary podobieństwa obiektów,
- zbadanie możliwości zastosowania sztucznych sieci neuronowych do rozpoznawania ZE,
- dokonanie analizy metod lokalizacji ZE oraz związanych z tym błędów lokalizacji,

- opracowanie zmodyfikowanej metody triangulacyjnej opartej na wyznaczeniu estymatorów największego prawdopodobieństwa metodą optymalizacji nieliniowej Legendre'a,
- opracowanie aplikacji algorytmu lokalizacji źródeł emisji elektromagnetycznej w metodzie triangulacyjnej,
- dokonanie oceny dokładności lokalizacji źródeł emisji w systemie rozpoznania radioelektronicznego na podstawie badań symulacyjnych dla trzech różnych metod lokalizacji,
- dokonanie analizy metod oceny skuteczności zakłóceń radiolokacyjnych radaru naziemnego przez samolotowe nadajniki zakłóceń i radaru na platformie powietrznej przez naziemne stacje zakłóceń,
- wyznaczenie sektora osłony obiektu naziemnego dla stacji zakłóceń radiolokacyjnych,
- przeprowadzenie symulacyjnej weryfikacji skuteczności zakłóceń radiolokacyjnych dla wybranych scenariuszy walki radioelektronicznej.

W ocenie merytorycznej publikacji wchodzących w skład osiągnięcia naukowego recenzent wskazał pewne uwagi krytyczne i dyskusyjne. Należy wziąć również pod uwagę, że modyfikacje sprzętowe algorytmów przedstawionych w publikacjach osiągnięcia naukowego zostały zaimplementowane w urządzeniach rozpoznania sygnałów radarowych będących na wyposażeniu polskiej armii.

Pomimo pewnych uwag krytycznych odnośnie niektórych publikacji osiągnięcia naukowego, recenzent pozytywnie ocenia przedstawione osiągnięcie naukowe i stwierdza, że spełnia ono ustawowy warunek stawiany kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego – wniesienie istotnego wkładu w rozwój dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.

2.3 Ocena pozostałych osiągnięć naukowych kandydata po uzyskaniu stopnia doktora

Dr inż. Jan Matuszkiewicz w Autoreferacie (Załącznik nr 4) i w Wykazie osiągnięć naukowych stanowiących wkład w rozwój określonej dyscypliny (Załącznik nr 6) bardzo obszernie i szczegółowo przedstawił opis działalności naukowej, badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej. W recenzji przedstawiono już tylko syntetyczne wnioski wynikające z analizy tych dwóch bardzo obszernych załączników.

Jako pozostałe osiągnięcia naukowe, tj. publikacje, które nie wchodzą w skład cyklu 16 prac, habilitant przedstawił:

10	publikacji	w Przeglądzie Elektrotechnicznym,
2	publikacje	w Annual of Navigation,
9	publikacji	w Elektronice – konstrukcje, technologie, zastosowania,
2	publikacje	w Biuletynie Wojskowej Akademii Technicznej,
1	publikacja	w czasopiśmie Pomiar-Automatyka -Kontrola.

Natomiast 14 z tych publikacji są publikacjami autorskimi.

Do pozostałych osiągnięć naukowych należy zaliczyć także 15 rozdziałów w monografiach, przy czym 9 rozdziałów nie jest elementem zestawu publikacji zgłoszonych jako osiągnięcie naukowe.

Dr inż. Jan Matuszkiewicz był członkiem naukowego komitetu redakcyjnego 9 monografii.

Innym przejawem aktywności naukowej jest aktywny udział habilitanta w konferencjach. Jest on autorem lub współautorem 79 artykułów na konferencjach krajowych, 12 artykułów na konferencjach międzynarodowych indeksowanych w bazie WoS i 34 artykułów na konferencjach międzynarodowych nieindeksowanych w bazie WoS.

Dr inż. Jan Matuszkiewicz brał udział w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, głównie ukraińskich. Lista udziałów habilitanta w komitetach naukowych konferencji międzynarodowych zawiera 8 konferencji, natomiast lista udziału w komitetach organizacyjnych konferencji krajowych i międzynarodowych zawiera 16 konferencji.

2.4 Wykaz uczestnictwa habilitanta w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych

Habilitant uczestniczył w dwóch takich projektach:

- Praca naukowo-badawcza Nr K 148/T02/2007 z dnia 07.11.2007 r. o wykonanie Projektu Badawczego Zamawianego Nr PBZ-MNiSW-DBO-04/I/2007 pt.: „Zaawansowane technologie radarowe w zastosowaniach wojskowych oraz cywilnych”, nazwa organu przydzielającego fundusze na realizację projektu: Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, 2007-2010, wykonawca zadania badawczego nr 14.
- Projekt realizowany w ramach Programu Badań Stosowanych Nr PBS1-B3-15-2012 pt. „System radarowego rozpoznania terenu na pokładzie miniaturowego bezpilotowego statku powietrznego”, nazwa organu przydzielającego fundusze na realizację projektu: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; 2012-2016, wykonawca.

2.5 Wykaz 4 staży odbytych przez habilitanta w instytucjach naukowych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru

- *Signal Intelligence Receiving System (SIRS) Course*. Watkins-Johnson Company, San Jose, California, USA, 2 tygodnie, 1994;
- *Mobile International Defense Management Course* (zorganizowany w Warszawie), Defense Resources Management Institute z Monterey, California, USA, (2-tygodniowy), 1995;
- *Overseas Officers Electronic Warfare Course*, Royal School of Signals, Blandford Camp, Dorset, Wielka Brytania, 04.03-24.03.1996.
- *NEDB Training*. North Atlantic Treaty Organization, Headquarters Supreme Allied Commander, Atlantic, Norfolk, Virginia, USA, 2 tygodnie, 1998.

Dr inż. Jan Matuszkiewicz był też członkiem w Panelu NEDBAG (NATO Emitter Data Advisory Group), 1999-2016.

Uczestnictwo w takich stażach wskazuje na istotną aktywność naukową realizowaną w ośrodkach zagranicznych.

2.6 Informacja o wykonanych recenzjach (pełen wykaz znajduje się w Załączniku nr 6)

O uznaniu działalności naukowej habilitanta przez społeczność naukową świadczy powierzenie mu wykonania 26 recenzji artykułów w czasopismach branżowych i prestiżowych czasopismach światowych.

Przegląd Teleinformatyczny	2 recenzje
Biuletyn WAT	3 recenzje
International Journal of Satellite Communications and Networking	1 recenzja
Applied Sciences	4 recenzje
Remote Sensing	4 recenzje
Metrology and Measurement Systems	1 recenzja
Defence Technology	6 recenzji
Electronics	1 recenzja
Computers and Electrical Engineering	1 recenzja
International Journal of Antennas and Propagation,	1 recenzja
IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems	1 recenzja
IEEE Communications Letters	1 recenzja

2.7 Informacja o pozostałych projektach i pracach badawczych

Habilitant obok uczestnictwa w projektach wyłanianych w drodze konkursów, wskazanych w punkcie 3.4, brał także udział w wielu innych krajowych grantach, pracach badawczych służbowych, projektach badawczo-naukowych i rozwojowych. W latach 1985-2021 można wskazać udział habilitanta w:

- 9 projektach badawczo-rozwojowych i naukowych, realizowanych we współpracy z przemysłem w latach 1985-2016,
- 12 pracach badawczych służbowych realizowanych w Wojskowej Akademii Technicznej w latach 2007–2019,
- 3 uczelnianych grantach badawczych Wojskowej Akademii Technicznej (UGB) w latach 2020–2021.

Habilitant wykonywał też zadania w NATO-wskiej Grupie Doradczej NEDBAG (ang. *NATO Emitter Database Advisory Group*) oraz był członkiem Zespołu Zadaniowego Baz Danych Emiterów (ZZBDE) powołanego decyzją Ministra MON nr 210 z dnia 27 kwietnia 2007 r. w sprawie przygotowania i wdrożenia w resorcie Obrony Narodowej Systemu Baz Danych Źródeł Promieniowania Radiolokacyjnego.

W wyniku tej działalności powstało wiele raportów naukowych, w których habilitant jest autorem/współautorem, wiele propozycji wdrożeniowych dla wojska realizujących oryginalne rozwiązania projektowe, algorytmiczne i technologiczne (wdrożenia urządzeń ASYR, BREŃ-2, LENAMD i GUNICA oraz systemu dowodzenia i kierowania rozpoznaniem elektronicznym WOŁCZENICA).

Jako ekspert dr inż. Jan Matuszewski wykonał 10 ekspertyz i opracowań na zamówienie instytucji publicznych i przedsiębiorców.

W art. 219 ust. 1 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, określającym formalne warunki do nadania stopnia doktora habilitowanego, punkt 3 stanowi, że stopień ten nadaje się osobie, która: „wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej”.

Obok zadań realizowanych w NATO-wskiej Grupie Doradczej NEDBAG, habilitant przedstawił współpracę z Politechniką Lwowską. Wynikiem tej współpracy są dwie współautorskie publikacje, przygotowane w roku 2019 z naukowcami z Ukrainy. Habilitant wykonywał 42 recenzje artykułów na cykle konferencyjne **TCSET**, **PIC S&T** organizowane na terenie Ukrainy. Jako ekspert MON dr inż. Jan Matuszewski wykonywał ekspertyzę wniosków zgłaszanych do European Defence Agency (EDA) w Brukseli, Belgia, 2009-2010.

Uczestnictwo w stażach zagranicznych przedstawionych w punkcie 2.5 i przedstawiona wyżej działalność potwierdzają pozytywnie odebraną przez recenzenta realizację punktu 3, ust. 1 art. 219 Ustawy.

2.8 Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr inż. Jan Matuszewski ukończył studia magisterskie na Wydziale Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej w 1972 r., a w 1985 r. uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Wydziale Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Od 1972 roku do dnia dzisiejszego habilitant jest zatrudniony na Wydziale Elektroniki i w ciągu tego okresu pracował jako:

- st. programista, 1972-1973
- asystent n-b, 1973-1975
- st. asystent n-b, 1975-1980
- doktorant studiów stacjonarnych, 1980-1983
- st. asystent n-b 1983-1984
- adiunkt n-b 1984-1994
- adiunkt n 1994-2002
- adiunkt n-d 2002-2017 i jednocześnie Kierownik Zakładu Rozpoznania i Przeciwdziałania Radiolokacyjnego (2002-2003)
- st. wykładowca 2017-2020 i jednocześnie Zastępca Dyrektora Instytutu Radioelektroniki (2007-2008), (2012-2016)
- adiunkt b-d 2020-2022 i jednocześnie Kierownik Zakładu Systemów Radioelektronicznych (2016-2022)
- prof. uczelni od 01.02.2022 r.

Dr inż. Jan Matuszewski bardzo aktywnie angażuje się w proces kształcenia studentów. Habilitant przygotował cykl 18 wykładów, cykl 13 ćwiczeń, był promotorem 100 prac dyplomowych magisterskich (w tym 5 wyróżnionych), promotorem 56 prac inżynierskich oraz promotorem dyplomów na studiach podyplomowych. W ramach prowadzonych przedmiotów opracował 3 stanowiska laboratoryjne.

Dr inż. Jan Matuszewski jest również współautorem podręcznika akademickiego oraz autorem i współautorem 3 skryptów WAT. Doświadczenie dydaktyczne habilitant

wykorzystał w pracy w wielu komisjach przy opracowaniu programów studiów i planów kształcenia, zarówno w kształceniu wojskowym jak i cywilnym na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych I i II stopnia. Był też autorem programów kilku kursów doskonalących dla MON.

Habilitant jest również laureatem wielu nagród i wyróżnień za działalność dydaktyczną i naukowo-badawczą. Dr inż. Janowi Matuszewskiemu przyznano medale i odznaczenia, zarówno cywilne, jak i wojskowe za wybitne zasługi na rzecz obronności kraju, za wybitne zasługi dla WAT i za inną działalność. Wśród odznaczeń i medali znalazły się między innymi Złoty Krzyż Zasługi, Srebrny Krzyż Zasługi, Krzyż Kawalerski Orderu Odrodzenia Polski, Medal Komisji Edukacji Narodowej, Złoty Medal Za Zasługi Dla WAT, Srebrny Medal Za Zasługi Dla WAT.

Podsumowanie

Zgodnie z art. 219 Ustawy stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która spełnia trzy kryteria:

- **posiada stopień doktora,**
- **posiada w dorobku osiągnięcia naukowe lub artystyczne stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny,**
- **wykazuje się istotną aktywnością naukową lub artystyczną.**

W przedłożonych przez habilitanta dokumentach znajduje się kopia dyplomu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora nauk technicznych, nadanego uchwałą Rady Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego z dnia 18 stycznia 1985 r. obywatelowi Janowi Matuszewskiemu. Pierwsze **kryterium warunkujące uzyskanie stopnia doktora zostało spełnione.**

Po analizie punktu 2.1 (**Ocena bibliometryczna osiągnięcia naukowego**) i punktu 2.2 (**Ocena merytoryczna osiągnięcia naukowego**), biorąc dodatkowo pod uwagę informację, iż dr inż. Jan Matuszewski jest autorem/współautorem oryginalnych osiągnięć algorytmicznych i projektowych, implementowanych w urządzeniach będących na wyposażeniu polskiej armii, spełniających standardy NATO, za które habilitant był nagradzany wieloma medalami i odznaczeniami stwierdzam, że **drugie kryterium warunkujące uzyskanie stopnia doktora habilitowanego zostało również spełnione.**

Istotna aktywność naukowa habilitanta została obszernie przedstawiona w punktach 2.3-2.7. Aktywność naukowa to osiąganie dalszego wzrostu liczby publikacji, aktywny udział w pracach międzynarodowych zespołów badawczych (między innymi w zespołach NATO), udział w recenzjach artykułów w prestiżowych czasopismach, udział w specjalistycznych stażach naukowo-badawczych i wykonywanie specjalistycznych ekspertyz. Wyniki prac realizowanych przez habilitanta zostały zauważone przez międzynarodową społeczność naukową. Łączna liczba uzyskanych cytowań uwzględniająca bazy WoS, Scopus, Google Scholar wyniosła 1067, w tym

- w bazie WoS wskazano 164 cytowania (iH=9),
- w bazie Scopus 348 cytowań (iH=11),
- w bazie Google Scholar 555 cytowań (iH=14) według stanu z 22 września 2022 r.

Liczba cytowań systematycznie rośnie, i tak w dniu sprawdzenia 3 maja 2023 r. odnotowano:

- w bazie WoS 184 cytowania,
- w bazie Scopus 369 cytowań,
- w bazie Google Scholar odnotowano 604.

Podsumowując analizę istotnej aktywności habilitanta uważam, że **trzecie kryterium warunkujące uzyskanie stopnia doktora habilitowanego zostało również spełnione.**

Uwzględniając opisane w treści recenzji różnorodne aspekty dorobku habilitanta, wnioskuję o nadanie dr inż. Janowi Matuszewskiemu stopnia doktora habilitowanego nauk inżyneryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne.