

AUTOREFERAT

przedstawiający opis osiągnięć
naukowo-badawczych i dorobku dydaktyczno-popularyzatorskiego

dr inż. Mariusz Wąż

Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej
Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego
Akademia Marynarki Wojennej

Gdynia 2015

Spis treści

1. Życiorys naukowy	4
2. Osiągnięcia naukowo-badawcze.....	5
2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	5
2.2. Wprowadzenie.....	5
2.3. Osiągnięcia naukowo badawcze	6
2.4. Cykl publikacji powiązany tematycznie	11
2.4.1. Geneza problemu rozwiązanego w cyklu publikacji.....	11
2.4.2. Omówienie cyklu publikacji	12
2.5. Zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowo-konstrukcyjne	22
2.5.1. Projekt systemu wyznaczania pozycji jednostek pływających w oparciu o metody porównawcze	22
2.5.2. Projekt wektorowej mapy radarowej.....	24
2.5.3. System wspomagania zadań manewrowych	25
2.5.4. Pozostałe ważniejsze, oryginalne osiągnięcie projektowo-konstrukcyjne powiązane z tematyką nawigacji radarowej.....	27
2.6. Dorobek dydaktyczno-popularyzatorski.....	30
2.6.1. Popularyzacja wyników badań.....	30
2.6.2. Udział w organizacjach naukowych.....	30
2.6.3. Pełnione funkcje nieetatowe.....	30
2.6.4. Udział w komitetach konferencji naukowych	31
2.6.5. Działalność ekspercka	31
2.6.6. Dorobek dydaktyczny	31
3. Załączniki do niniejszego autoreferatu.....	33

Autoreferat

Zastosowane oznaczenia dla odsyłaczy do bibliografii:

[AC xx]	Artykuły dołączone w postaci kopii papierowych
[AP xx]	Artykuły dołączone w postaci plików pdf
[BI xx]	Broszury informacyjne
[DC xx]	Dyplomy lub wyróżnienia dołączone w postaci kopii papierowych oraz pdf
[DP xx]	Pozostałe dokumenty dołączone w postaci kopii papierowych oraz pdf
[OP xx]	Pozostałe opracowania i sprawozdania dołączone w postaci plików pdf
[Axx]	Monografie wymienione w załączniku nr 3
[Bxx]	Publikacje naukowe wymienione w załączniku nr 3
[Gxx]	Referaty konferencyjne wymienione w załączniku nr 3

1. Życiorys naukowy**Wykształcenie**

tytuł magistra	1994 Akademia Marynarki Wojennej Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego magister inżynier nawigator, specjalność nawigacja morska
stopień doktora	2000 Akademia Marynarki Wojennej Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego doktor nauk technicznych w dyscyplinie geodezja i kartografia, specjalność nawigacja morska

Zatrudnienie

Oficer Marynarki Wojennej RP	Od 1993 (obecnie w stopniu komandor porucznik)
hydrolog	1994–1996 Dywizjon Zabezpieczenia Hydrograficznego MW RP w Gdyni Okręt Hydrograficzny ORP „Kopernik”
doktorant	1996–2000 Wydział Inżynierii, Chemii i Fizyki Technicznej Wojkowska Akademia Techniczna w Warszawie
	Instytut Nawigacji i Hydrografii Morskiej Wydział Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni na stanowiskach:
asystent	2000–2001
starszy wykładowca	2001–2002
adiunkt	2002–2008
adiunkt – zastępca dyrektora instytutu	2008–2014
starszy wykładowca	01.10.2014 –

2. Osiągnięcia naukowo-badawcze

2.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe – wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 ze zm.) – prezentuje cykl publikacji powiązanych tematycznie oraz zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowo-konstrukcyjne. Całość została zatytułowana:

„Automatyzacja nawigacji radarowej”

2.2. Wprowadzenie

Pierwsze prace badawcze dotyczące wykorzystania zobrazowania radarowego do nawigacji prowadzone były niemalże od chwili powstania radaru. Głównie, dotyczyły one doskonalenia metod wyznaczania pozycji jednostki własnej, a także wyznaczania pozycji i elementów ruchu obiektów obserwowanych na ekranie radaru. W sytuacji, kiedy nawigator jest w stanie zidentyfikować obserwowane obiekty, wyznaczenie pozycji okrętu nie nastręcza większego problemu. Inaczej się dzieje, gdy brakuje charakterystycznych elementów na obrazie radarowym, obiekty są niewidoczne, nadmiernie zniekształcone lub zakłócone. Taki stan rzeczy wynikał głównie z niedoskonałości pozyskiwanych obrazów radarowych oraz ograniczeń technologicznych w przetwarzaniu sygnałów wizyjnych. Wiele projektów nie dokończono, inne znalazły zastosowanie dopiero w dobie szybkiego rozwoju elektroniki w dziedzinie wizualizacji, rejestracji i przetwarzania wszelkiego rodzaju sygnałów. Z jednej strony, opracowywano i rozwijano metody wykorzystania informacji obrazowej do nawigacji (wszelkich obrazów nie tylko radarowych), z drugiej, rozwijano techniki rejestracji (pozyskiwania) obrazów radarowych do badań.

Rozwój elektroniki i informatyki przyniósł kolejne, nowe rozwiązania w zakresie wykorzystania radaru do celów nawigacyjnych. Zastosowanie technologii cyfrowych pozwoliło na odmienne podejście do zagadnienia przetwarzania i analizy zobrazowania radarowego. Fotografowanie obrazów radarowych zastąpiono rejestracją sygnałów wizyjnych na nośnikach magnetycznych a później cyfrowych.

Obecnie rejestracja obrazów radarowych nie stwarza większego problemu. Poprzez sprzężenie radaru nawigacyjnego z komputerem operator systemu, z wykorzystaniem odpowiednich interfejsów, jest w stanie zarejestrować obrazy radarowe i dokonać ich obróbki cyfrowej oraz archiwizacji. Najnowsze technologie pozwalają na wykonywanie tych czynności w czasie rzeczywistym. Rejestrowanie obrazów radarowych jest coraz bardziej popularne, a w dobie dbałości o wzrost bezpieczeństwa nawigacji staje się obowiązkiem narzuconym przez Międzynarodową Organizację Morską (IMO), np. w systemach kontroli ruchu statków VTS (ang. Vessel Traffic Service). Kolejnym przykładem są urządzenia VDR lub MDR (ang. Voyage Data Recorder, Mission Data Recorder), które zostały

stworzone dla spełnienia wymagań stawianych przez rezolucję IMO A.861(20). Stanowią one rodzaj „czarnej skrzynki”.

Rejestracją obrazów radarowych zajmuje się wiele firm, które prześcigają się w produkcji coraz doskonalszych technologicznie rejestratorów dla coraz szerszego grona klientów. Prócz szeregu specjalistycznych urządzeń do rejestracji obrazów (sygnałów) radiolokacyjnych, możliwość pozyskania tychże obrazów posiadają także specjalizowane karty komputerowe lub cyfrowe analizatory sygnałów. Korzystając z nich jesteśmy w stanie zarejestrować obraz radarowy bezpośrednio na komputerze, który stanowić może serce pokładowego systemu nawigacyjnego, zintegrowanego z mapą elektroniczną i innymi systemami (np. radionawigacyjnymi systemami wyznaczania pozycji). Nowe rozwiązania technologiczne pozwalają także na pozyskiwanie informacji pierwotnej (np. pierwotny sygnał wizyjny z odbiornika radarowego) niezbędnej do przeprowadzenia dogłębnych analiz i badań w zakresie jej przetwarzania i transformacji do postaci użytkowej.

2.3. Osiągnięcia naukowo badawcze

Problematyka wykorzystania informacji radiolokacyjnej do prowadzenia bezpiecznej nawigacji stanowi od kilkunastu lat główny nurt mojej pracy naukowej. Pozostałe zagadnienia, tematy i problemy badawcze realizowane przeze mnie w pracach naukowych wypływają z głównego kierunku moich poszukiwań naukowych. W pracach tych stosowałem techniki wykorzystywane w badaniach nad porównawczymi metodami stosowanymi w nawigacji radarowej. Dotyczą one między innymi przetwarzania informacji obrazowej, wykorzystania map w różnych odwzorowaniach kartograficznych, przetwarzania i transformacji współrzędnych wyznaczonej pozycji własnej a także obserwowanych obiektów oraz innych metod wykorzystywanych we współczesnej nawigacji i geodezji [B10][B11][B26][G6][G21]. Przykładem może być zastosowanie elementów rachunku wyrównawczego stosowanego w geodezji do zwiększenia dokładności wyznaczonej pozycji radarowej metodą porównawczą [B17][B21][B29][B57][G17][G33].

Na początku badania naukowe realizowałem w ramach studiów doktoranckich i pracy nad rozprawą doktorską pt. „Metoda wyznaczania pozycji okrętu za pomocą porównania obrazu radarowego z mapą morską”. Kolejne badania naukowe w większości przypadków prowadzone były w ramach projektów badawczych KBN, których byłem głównym wykonawcą a także kierownikiem. Pracowałem w ramach zespołów badawczych a także kierowałem zespołami badawczymi zajmującymi się problematyką nawigacji radarowej. Na przestrzeni lat, kolejne projekty badawcze dotyczyły głównie radarowego systemu wyznaczania pozycji. W badaniach tych zajmowałem się przede wszystkim porównaniem i precyzyjnym dopasowaniem obrazów radarowych do mapy morskiej lub mapy radarowej. Zagadnienia te przedstawiłem w wielu artykułach naukowych i referatach wygłoszonych na konferencjach międzynarodowych. Prace prowadzone w ramach projektu badawczego KBN Nr OT00A 012 21 „Opracowanie projektu systemu dynamicznego pozycjonowania okrętu metodami

porównawczymi” realizowanego w Akademii Morskiej w Szczecinie w latach 2001–2003 znalazły swoje ujęcie w monografii [A2] pt. „Metody nawigacji porównawczej” gdzie jestem współautorem rozdziału „Pozycjonowanie bazujące na obrazach radarowych”. Zawarłem tam zagadnienia dotyczące analitycznych metod rozpoznania i dopasowania obrazów radarowych do mapy morskiej, wyznaczenia pozycji obserwowanej oraz opis jej dokładności i wiarygodności. Główną zaletą opracowania jest usystematyzowanie zagadnień związanych z algorytmami dopasowania obrazów radarowych do mapy morskiej. Na podstawie dogłębnych studiów literatury opracowałem i przedstawiłem podział systemów i algorytmów rozpoznania obrazów radarowych. W zakresie stosowania funkcji podobieństwa w tych algorytmach zaproponowałem autorską metodę wyznaczania współczynnika dopasowania obrazów nazwaną „metodą z rozmytym kryterium dopasowania” [A2]. Badania dowodzą, że ułatwia ona dopasowanie obrazów radarowych charakteryzujących się wysokim poziomem szumów i zakłóceń do mapy morskiej. Ze względu na specyficzny charakter obrazów radarowych, ich różnice w stosunku do obrazów mapy morskiej wynikające z kartometryczności obrazów, zaproponowałem stosowanie rozszerzonego kryterium decyzyjnego w wyznaczaniu pozycji statku. Odnosi się to do zastosowania dwóch a nie jednej, arbitralnie dobranej funkcji podobieństwa w metodzie minimalnoodległościowej. Zastosowanie dwóch nieskorelowanych w sensie działania funkcji podobieństwa metod, daje lepsze rezultaty w procesie wyznaczania pozycji. W trakcie studiów nad tą problematyką zauważyłem, że dopasowanie obrazów radarowych do mapy można realizować na podstawie szczątkowej (ograniczonej) informacji obrazowej. Takie dopasowanie obrazów, które są w pewnym sensie skompresowane do postaci przenoszących informację o radarowych punktach charakterystycznych lub konturów linii brzegowej, albo jednych i drugich jednocześnie, przyspiesza proces dopasowania i wyznaczenia pozycji. Z prowadzonych badań wynika także, że zastosowanie tego rozwiązania zwiększa dokładność pozycji obserwowanej. Powyższe badania realizowałem w ramach projektu KBN Nr 0T00A 011 22 pt. „Projekt oznakowania radarowego Zatoki Gdańskiej do automatycznego pozycjonowania jednostki metodami porównawczymi” realizowanego w Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni, którego byłem głównym pomysłodawcą i głównym wykonawcą. Założyłem, że istnieje optymalna liczba stałych radarowych punktów charakterystycznych oraz możliwe jest zoptymalizowanie ich rozmieszczenia na wybranym akwenie (Zatoka Gdańska) zwiększające dokładność automatycznego wyznaczania pozycji metodami porównawczymi. W publikacjach [B28][G25] realizowanych w ramach tego projektu przedstawiałem zagadnienia dotyczące metod automatycznej ekstrakcji ech radarowych pochodzących od oznakowania radarowego, optymalnego ich rozstawienia i porównawczych metod wyznaczania pozycji (włącznie z wykorzystaniem metod neuronowych). Automatyzacją wykrywania ech pochodzących od stałego oznakowania nawigacyjnego a także metodami ekstrakcji punktów charakterystycznych zawartych w obrazach radarowych zajmowałem się także realizując, jako główny wykonawca, projekt badawczy KBN Nr N520 031 31/3537 pt. „Metoda ekstrakcji cech

obrazu radarowego na potrzeby automatycznego systemu pozycjonowania przybrzeżnego” (AMW Gdynia, 2006–2007).

Zaproponowałem trzy metody automatycznej ekstrakcji punktów charakterystycznych z obrazów radarowych [B21][B25][AC 3.]. Metody te:

- wyznaczają punkty stałe na obrazie rastrowym charakteryzujące się silnym sygnałem radarowym,
- wyznaczają punkty stanowiące echo radarowe od charakterystycznego elementu ukształtowania linii brzegowej w inwariancie konturowym,
- wyznaczają odosobnione stałe punkty – echa przyjęte do śledzenia przez radar.

W badanych porównawczych metodach pozycjonowania występują wzajemne relacje pomiędzy obrazami radarowymi i mapą morską. Zachodzi konieczność wizualizacji obrazu radarowego na wcześniej przygotowanym podkładzie mapowym. W kolejnym projekcie, w którym kierowałem zespołem badawczym zajmującym się „Opracowaniem projektu budowy wektorowej mapy radarowej” (projekt badawczy KBN Nr 4 T12 E 01026 realizowany w AMW Gdynia w latach 2004-2005) opracowałem sposób przetworzenia rastrowego obrazu radarowego do postaci wektorowej umożliwiającej wizualizację obrazu jako kolejnej warstwy w systemie elektronicznej mapy nawigacyjnej [OP 1.]. Wstępne założenie było następujące: obraz radarowy powinien być przedstawiony w postaci najbardziej zbliżonej do obrazu mapy, aby ułatwić i przyspieszyć proces wzajemnego dopasowania. Poza tym w projekcie zajmowano się stworzeniem mapy radarowej na podstawie archiwalnych obrazów radarowych wybranego akwenu. W ten sposób możliwe byłoby wyszukiwanie najlepszego dopasowania obrazów do mapy radarowej z pominięciem mapy morskiej różniącej się pod względem kartometrycznym. Określono także, że „najlepszym” odwzorowaniem kartograficznym mapy morskiej zbliżającej jej wygląd do obrazu radarowego jest odwzorowanie azymutalne perspektywiczne z dodatnim punktem rzutowania. Było to zadanie równolegle realizowane w ramach projektu badawczego KBN Nr 0T00A 010 26 pt. „Optymalizacja zobrazowania w rejonie działań dla potrzeb Zintegrowanego Systemu Dowodzenia Okrętem przy wykorzystaniu odwzorowania azymutalnego perspektywicznego z dodatnim punktem rzutowania”, w którym byłem głównym wykonawcą. Świadomy istnienia wielu zniekształceń obrazów radarowych, charakterystycznych dla specyfiki prowadzenia obserwacji radarowej, wynikających z promieniowania radiolokacyjnego, czasu trwania impulsu sondującego, szerokości charakterystyki kierunkowej oraz zniekształceń wywołanych nieliniowością impulsów podstawy czasu, a także zniekształceń wynikających z różnorodności warunków propagacji fal i warunków hydrometeorologicznych, poszukiwałem takiego odwzorowania kartograficznego mapy morskiej, aby różnice odwzorowawcze były jak najmniejsze. Zaproponowane ww. odwzorowanie powinno być generowane automatycznie i dynamicznie wraz z poruszającą się jednostką własną. Prowadzenie nakresu drogi na takim zobrazowaniu mapy jest oczywiście uciążliwe, ale powinno służyć nawigatorowi do precyzyjnego zgrywania obrazu radarowego z mapą. Badania dowodzą, że wpływ zniekształceń odległości jest bardzo mały i może być pomijany dla zakresów obserwacji radarowych

poniżej 24 mil morskich [B26][AC 1.]. Kolejne zrealizowane projekty to naturalna kontynuacja nurtu badawczego. Adaptowałem i opracowywałem optymalne metody dopasowania obrazów radarowych do mapy morskiej. W ramach projektu „Automatyzacja procesu wyznaczania pozycji jednostki pływającej z wykorzystaniem nawigacji radarowej” (projekt badawczy KBN Nr 4T12C 05729; AMW Gdynia, 2007–2010) zajmowałem się automatycznym wyznaczaniem pozycji metodą porównawczą oraz wyrównaniem otrzymanej pozycji metodą klasyczną, a także stosując metody wyrównania odpornego. Taka „hybrydowa” metoda wyznaczania pozycji daje zadawalające wyniki w aspekcie dokładności wyznaczonej pozycji jednostki. W większości prowadzonych badań uzyskałem prawie 50% polepszenie jej dokładności [B57][AC 4.]. Innym ważnym zagadnieniem zrealizowanym w tym projekcie, a także we wcześniejszym (projekt badawczy KBN Nr N520 033 31/3542 pt. „Automatyczny system pozycjonowania przybrzeżnego”; AMW Gdynia, 2006–2007) było stworzenie kompleksowego stanowiska badawczego umożliwiającego automatyczną rejestrację obrazów radarowych z pokładowych radarów nawigacyjnych. Pozyskana i stworzona aparatura badawcza oraz dedykowane oprogramowanie opracowane osobiście a także przez kierowanych przeze mnie członków zespołów badawczych umożliwiło prowadzenie szeregu badań w ramach innych projektów, i przyczyniło się do dalszego rozwoju moich zainteresowań naukowych. Możliwe stało się zbudowanie mobilnego stanowiska pomiarowego umożliwiającego rejestrowanie, przetwarzanie a także transmisję cyfrowych obrazów radarowych wykorzystując sieć WLAN (Wi-Fi) do dedykowanych odbiorców – klientów. Wykorzystałem tę technologię i zaproponowałem koncepcję stworzenia tzw. Synchronicznej Sieci Radarowej (SSR). Z jednej strony realizowałaby ona zadania automatycznego wyznaczania pozycji w oparciu o metody porównawcze, a z drugiej świadczyłaby usługi dostarczania całościowej, zintegrowanej informacji radiolokacyjnej dla klientów wchodzących w skład sieci. Podstawą SSR jest zespół radarów brzegowych systemów obserwacji technicznej zintegrowanych już w istniejącą sieć, a także radary pokładowe poszczególnych jednostek pływających będących w rejonie działania SSR. Koncepcję i zasadę działania SSR opisałem w referacie konferencyjnym [G34][AP4]. Zostały tam przedstawione także wstępne badania nad możliwością sumowania obrazów radarowych i przekazywania ich do użytkownika drogą radiową przez WLAN.

Sumowanie obrazów radarowych, przetwarzanie ich do innych reprezentacji cyfrowych, wykorzystanie pierwotnego sygnału radiolokacyjnego to kolejne zagadnienia, którymi zajmowałem się naukowo. Zauważyłem, że możliwe jest przedstawienie zobrazowania radarowego w odmiennej formie, w której pewne jego elementy będą bardziej uwidocznione. To kolejne moje studia i badania w zakresie nawigacji radarowej. Tym razem nad możliwością stworzenia wielowymiarowego zobrazowania radarowego. Stało się to podstawą do realizacji projektu badawczego, którego byłem kierownikiem pt.: „Wielowymiarowe zobrazowanie okrętowego radaru nawigacyjnego do detekcji obiektów o niskiej wykrywalności”. (projekt badawczy KBN Nr 0537/B/T00/2009/37; AMW Gdynia, 2009–2012). Stworzenie wielowymiarowego zobrazowania radarowego wymagało opracowania

nowego algorytmu i nowego oprogramowania analizującego sygnał wizyjny i umożliwiającego tworzenie obiektów 3D. Niezbędne było również opracowanie metody pozyskiwania cyfrowego obrazu radarowego z układów obróbki pierwotnej radarów nawigacyjnych. Rozwiązania te, jako nowatorskie, przedstawiłem w opracowanym projekcie [B39]. Należy zwrócić uwagę, że w projekcie tym zaproponowałem także wykorzystanie nowoczesnych metod estymacji danych pomiarowych stosowanych w geodezji a mianowicie wykorzystanie M_{split} estymacji do ekstrakcji słabych ech radarowych [OP 2].

Większość moich naukowych zainteresowań wiąże się z szeroko rozumianą problematyką nawigacji radarowej i automatyzacją jej procesów. Badania w zakresie nawigacji porównawczej przenosiłem także na inną płaszczyznę. Metody wykorzystywane w nawigacji radarowej pomyślnie stosowałem w nawigacji podwodnej oraz nawigacji pojazdów lądowych. Studia nad zautomatyzowaniem poszczególnych procesów nawigacji radarowej umożliwiły mi także implementacje rozwiązań w prototypowych systemach nawigacji dedykowanych dla bezzałogowych autonomicznych jednostek pływających [E11][E13]. W badaniach tych zajmowałem się automatyzacją planowania i wykonywania manewrów zapobiegawczych przez jednostkę bezzałogową APN (Autonomiczną Platformę Nawodną). Badania prowadziłem w ramach projektu rozwojowego Nr O106/R/T00/2010/12 pt. „Zintegrowany system planowania perymetrycznej ochrony i monitoringu morskich portów i obiektów krytycznych oparty o autonomiczne bezzałogowe jednostki pływające”. Automatyzacja planowania manewru zapobiegawczego z uwzględnieniem Międzynarodowych Przepisów o Zapobieganiu Zderzeniom na Morzu (MPZZM) dla APN, to zadanie w dalszym ciągu otwarte. Badania w tym zakresie prowadzone są w wielu ośrodkach naukowych. W swoich badaniach skupiłem się nad aspektami dokładnościowymi planowania manewrów. W pracach [B22][B23] przedstawiłem jak wpływają błędy obserwacji radarowej na dokładność wykonywania wybranych manewrów taktycznych. Zwróciłem uwagę na fakt, że ww. błędy mogą całkowicie dyskwalifikować zaplanowany manewr jako możliwy do wykonania. W badaniach wykorzystywałem autorską aplikację opracowaną jako System Wspomagania Zadań Manewrowych. System opracowałem w ramach projektu badawczego KBN Nr ON526 012735 pt. „Precyzyjne planowanie manewru przy zwalczaniu zagrożenia ze strony szybkich jednostek nawodnych z użyciem artylerii”, którego byłem głównym wykonawcą (projekt realizowany w AMW Gdynia w latach 2009–2010).

W badaniach dotyczących prowadzenia nawigacji podwodnej wykorzystywałem zdobytą wiedzę z zakresu nawigacji porównawczej. Zastosowałem minimanoodległościowe algorytmy identyfikacji obrazów, a także metody wykorzystujące Sztuczne Sieci Neuronowe (SSN) do precyzyjnego zgrania obrazów pomiarowych (sonogramów i echogramów) z numerycznym modelem dna morskiego. W trakcie badań wynikła potrzeba stworzenia symulatora prowadzenia nawigacji podwodnej. W autorskiej aplikacji opracowanej w ramach projektu badawczego KBN Nr OT00A01225 pt. „Doskonalenie metod precyzyjnej nawigacji pojazdu podwodnego” (AMW Gdynia, 2004–2006) skupiłem się nad możliwością symulowania pracy hydroakustycznych systemów pomiarowych, oraz

zaimplementowania porównawczych metod w postaci kolejnych funkcji podobieństwa: odległości, bliskości i korelacji. Zweryfikowałam także działanie neuronowego aproksymatora położenia obrazu pomiarowego w stosunku do położenia obrazów uczących sztucznej sieci neuronowej typu GRNN (ang. General Regression Neural Networks) [AP2]. Opracowany symulator wykorzystałam prowadząc badania w kolejnym projekcie KBN Nr O N526 216539 pt. „Optymalizacja hydroakustycznego poszukiwania obiektów podwodnych w aspekcie zagrożenia terrorystycznego akwenów portowych” (AMW Gdynia, 2011–2013). W ramach projektu działanie symulatora rozszerzyłam o opcję przetwarzania obrazów sonarowych, korektę typowych zniekształceń geometrycznych obrazów i automatyczną detekcję charakterystycznych obiektów zalegających na dnie morskim [B51][AP 3.]. Stosowane przeze mnie metody w zakresie dokonywania pomiarów, przetwarzania obrazów cyfrowych, wyznaczania pozycji, wyrównania i oceny dokładności wchodzą w zakres współczesnej nawigacji oraz geodezji i kartografii.

2.4. Cykl publikacji powiązany tematycznie

2.4.1. Geneza problemu rozwiązanego w cyklu publikacji

Powyższy opis naukowych dokonań charakteryzuje główny nurt moich zainteresowań. Zdobyta wiedza w sferze nawigacji i stosowania porównawczych metod pozycjonowania oraz metod pozyskiwania i cyfrowego przetwarzania obrazów radarowych pozwoliły zautomatyzować szereg procesów obejmujących zadania nawigacji radarowej. Przedstawiony i opisany poniżej cykl publikacji pozwolił mi określić temat szczególnego osiągnięcia naukowego jako „Automatyzacja nawigacji radarowej”. Radar nawigacyjny wykorzystywany jako pomoc w prowadzeniu nawigacji, na mocy przepisów międzynarodowych, jest wyposażeniem obowiązkowym większości jednostek pływających. Dogłębne studia z zakresu nawigacji porównawczej, możliwości niekonwencjonalnego wykorzystania zobrazowania radarowego do realizacji poszczególnych etapów prowadzenia nawigacji przez oficera wachtowego pozwalają mi stwierdzić, że możliwe jest zautomatyzowanie procesów obejmujących zadania nawigacji radarowej. Do zadań tych zaliczam:

- wykorzystania radaru do wyznaczania współrzędnych pozycji jednostki,
- wykorzystania radaru do manewrowania w stosunku do obiektów śledzonych, a także do planowania i wykonywania manewrów zapobiegawczych,
- wykorzystania radaru do prowadzenia obserwacji, wykrywania, śledzenia i identyfikacji celów,
- przetwarzanie obrazów radarowych w ramach pozyskania danych do integracji z innymi urządzeniami i systemami nawigacyjnymi w celu zwiększenia bezpieczeństwa prowadzenia nawigacji.

Powyższe zadania, jako szeroko pojęte zagadnienia obejmujące nawigacje radarową, korelując z problematyką przedstawioną w publikacji *Nawigacja radarowa*. Biblioteka Nawigacji nr 2 (praca zbiorowa pod redakcją Andrzeja Statecznego, Gdańskie Towarzystwo Naukowe, Gdańsk 2011). Przedstawione w autoreferacie autorskie badania i rozwiązania naukowe są kolejnym krokiem w rozwoju tej dyscypliny.

Jako szczególne osiągnięcie naukowe przedstawiam cykl publikacji:

- AC 1. *Problems with Precise Matching Radar Image to the Nautical Chart*. Annual of Navigation 16/2010, Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 149-164. (6 pkt. MNiSW)
- AC 2. *Navigation based on characteristic points from radar image*. Zeszyty Naukowe, Akademia Morska w Szczecinie 20(92), 2010, Akademia Morska w Szczecinie; pp. 140-145. (6 pkt. MNiSW)
- AC 3. *Estymowana pozycja radarowa*. Logistyka nr 3/2014, str. 6626-6633, współautor K. Naus, udział własny 80%. (10 pkt. MNiSW)
- AC 4. *Using radar in the inland navigation*. Logistyka 6/2009, pp. 87 (1-6). (4 pkt. MNiSW)
- AC 5. *Achieving position accuracy against moving target analyze*. Annual of Navigation 13/2008, Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 131-137, współautor A. Panasiuk, udział własny 80%. (4 pkt. MNiSW)
- AC 6. *3D picture display for navigation radar*. Annual of Navigation 11/2006, Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 137-142. (6 pkt. MNiSW)
- AC 7. *Wizualizacja wielowymiarowego obrazu radarowego*. Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej, No. 4 (195), str. 99-116, Gdynia 2013, współautor K. Naus, udział własny 70%. (4 pkt. MNiSW)
- AC 8. *Wykrywanie ech radarowych o małej amplitudzie sygnału*. Logistyka nr 3/2012, ISSN 1231-5478, str. 2397-2400, współautor K. Naus, udział własny 80%. (4 pkt. MNiSW)
- AC 9. *Determining ship position in a harbour based on omnidirectional image of the coastline*. Annual of Navigation 21/2014, Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 187-214. współautor K. Naus, udział własny 50%. (5 pkt. MNiSW)

2.4.2. Omówienie cyklu publikacji

[AC 1.]

Każdy użytkownik zauważa duże podobieństwo między zobrazowaniem radarowym wybrzeża a jego odpowiednikiem na mapie. Obraz radarowy stanowi formę najbardziej wiernego odwzorowania otaczającej okręt przestrzeni wraz ze wszystkimi znajdującymi się obiektami powierzchniowymi. Niemniej jednak tylko z pozoru obraz radarowy wydaje się być podobny do obrazu mapy. Publikacja przedstawia i charakteryzuje główne różnice między tymi obrazami. Zwracam w niej uwagę na fakt

występowania wielu zniekształceń charakterystycznych dla specyfiki prowadzenia obserwacji radarowej, a także wynikającej z wpływu zmiennych warunków hydrometeorologicznych. Część różnic odwzorowawczych obrazów radarowych i mapy może być policzona i uwzględniona w procesie transformacji obrazów do porównywalnych form.

Przedstawiono tu także różnorodność form reprezentacji obrazów radarowych i mapy morskiej, które można wykorzystać w porównawczych metodach stosowanych w nawigacji radarowej. Wreszcie opisano główne algorytmy, funkcje, relacje oraz wzajemne zależności występujące pomiędzy nimi w stosowanych przeze mnie metodach porównawczych. W opracowaniu nawiązano także do metod neuronowych, które z powodzeniem można stosować w zadaniach nawigacji radarowej. Publikacja jest kompleksowym opisem problemów związanych z porównawczymi metodami wyznaczania pozycji w nawigacji radarowej. W metodach tych zbędne jest identyfikowanie znaków nawigacyjnych na obrazie radarowym oraz dokonywanie pomiarów parametrów takich jak azymut i odległość do obiektów. Dlatego też gwarantują one możliwość zautomatyzowania całego procesu wyznaczania pozycji.

[AC 2.]

Automatyczne wyznaczenie pozycji w nawigacji radarowej pomija całkowicie udział operatora (nawigatora) w tych czynnościach. W klasycznym ujęciu ów operator dokonuje pomiaru parametrów nawigacyjnych (namiarów i odległości) za pomocą radaru w stosunku do zidentyfikowanych przez siebie punktów charakterystycznych mających swoje odpowiedniki na mapie morskiej i na ich podstawie wyznacza pozycję jednostki pływającej. To z natury bardzo proste zagadnienie, nie stwarzające problemów doświadczonemu nawigatorowi, komplikuje się gdy udział operatora (nawigatora) zostanie pominięty lub możliwość identyfikacji punktów charakterystycznych zostanie z jakiejś przyczyny mocno lub całkowicie ograniczona. Dlatego też niezbędne stało się rozwiązanie następujących problemów badawczych:

- ekstrakcji punktów charakterystycznych obrazu radarowego,
- wyznaczenia pozycji punktów charakterystycznych i pozycji własnej metodą porównania obrazów radarowych z mapą morską,
- opracowanie metody automatycznej identyfikacji ww. punktów charakterystycznych.

W niniejszym opracowaniu zaprezentowano trzy niezależne metody wyszukiwania punktów charakterystycznych. Opracowałem je i testowałem podczas prowadzenia badań realizując projekty badawcze [E3][E4][E5]. Poza metodą ekstrakcji punktów z inwariantów konturowych obrazów radarowych przedstawiłem także:

- metodę ekstrakcji punktów z bitmapy obrazu radarowego poprzez wyznaczenie punktów o silnym echu;
- metodę ekstrakcji ech jako punktowych obiektów radarowych nie poruszających się.

Ekstrakcja punktów charakterystycznych rozumiana jest jako wyróżnienie spośród wszystkich punktów obrazu radarowego tych, które mogą posłużyć do wyznaczenia pozycji obserwowanej metodami terestrycznymi. Źródłem tych punktów może być linia brzegowa, silne echa radarowe fragmentów lądu oraz pojedyncze, odosobnione echa radarowe występujące na morzu.

Artykuł przedstawia w jaki sposób powstaje reprezentacja inwariantna obrazu radarowego i w jaki sposób wyznacza się estymator funkcji inwariantu konturowego. Następnie zaprezentowałem w jaki sposób możliwe jest wydobyć wyróżniających się punktów linii brzegowej. Są to zazwyczaj elementy infrastruktury (główki portów, cyple, mola) i inne punkty przedstawiające zmienność linii brzegowej.

Inne rozwiązanie zaprezentowałem w kolejnej metodzie, która wyróżnia punkty (piksele) obrazu o silnym wzmocnieniu sygnału W_{ij} większym od ustalonej wartości progowej W_{prog} . Świadomy tego, że metoda niesie pewne ryzyko wyekstrahowania ech pochodzących od jednostek pływających założyłem, że spośród wszystkich tak wyznaczonych punktów znajdą się elementy odpowiadające rzeczywistym charakterystycznym obiektom badanego akwenu. Błędnie wytypowane punkty charakterystyczne zostają odrzucone na etapie identyfikacji i nie biorą udziału w dalszych procesach.

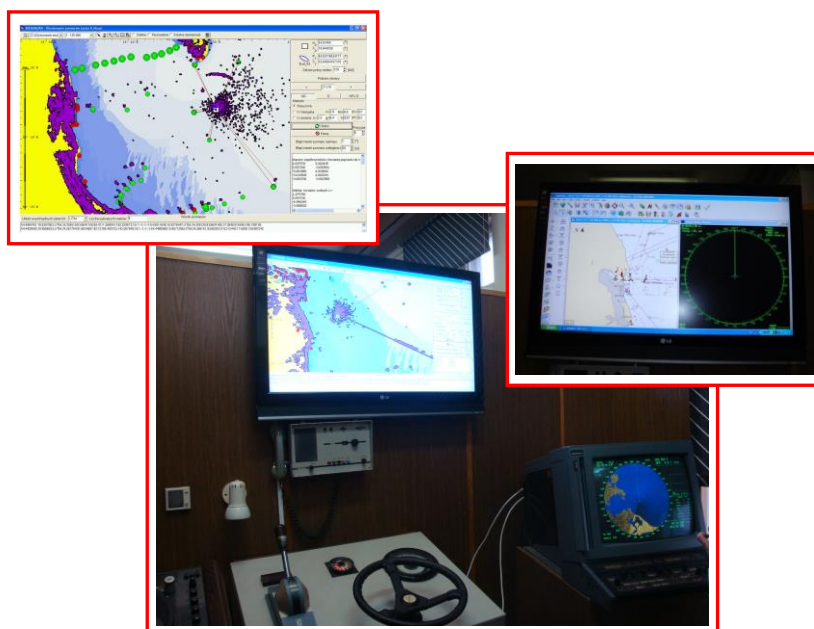
Całkowicie odmienne podejście do problemu pozyskiwania punktów charakterystycznych przedstawiłem w trzeciej metodzie. Chcąc pominąć proces rejestracji obrazu radarowego jako bitmapy i jego przetwarzania, wykorzystałem współczesne możliwości radarów z ARPA (ang. Automatic Radar Plotting Aid, urządzeń do automatycznego prowadzenia nakresów radarowych) do śledzenia odosobnionych, punktowych obiektów stałych. Jeżeli do wyznaczania pozycji wykorzystamy sieć stałego znakowania radarowego akwenów to możliwa jest akwizycja i śledzenie tych znaków w systemie ARPA i przekazywania informacji między innymi o zamiarze i odległości do obiektu poprzez powszechnie stosowaną, cyfrową transmisję danych nawigacyjnych w standardzie NMEA. Ze względu na to, że możliwe jest błędne wyekstrahowanie punktów pochodzących np. od jednostek stojących na kotwicy i nawigacyjnego oznakowania pływającego, niezbędne jest przeprowadzenie procesu identyfikacji.

Artykuł usystematyzował wiedzę na temat pozyskiwania danych o radarowych punktach charakterystycznych wykorzystywanych do wyznaczania pozycji obserwowanej. Wspólną cechą ww. metod jest to, że wszystkie realizowane w nich procesy mogą zostać zautomatyzowane.

[AC 3.]

Artykuł stanowi swoiste sprawozdanie z przeprowadzonych badań dotyczących wyrównania pozycji radarowej. Zwróciłem uwagę na to, że pomimo znacznie mniejszych dokładności w wyznaczaniu pozycji obserwowanej w porównaniu z systemami satelitarnymi, radarowa pozycja odnosi się do obserwowanych obiektów, linii brzegowej, staw i innych punktów, które mogą stanowić niebezpieczeństwo nawigacyjne i w miarę zbliżania się do tych obiektów błąd pozycji maleje. Zastosowanie metod porównawczych umożliwia automatyzację procesu wyznaczania pozycji

obserwowanej. W wyniku prowadzonych badań stwierdziłem, że obrazy radarowe dopasować można do mapy z dokładnością od jednego centralnego piksela do trzech pikseli. Przy rozdzielczości obrazów 740x740 pikseli i dla małego zakresu obserwacji do 3 mil morskich daje to dokładność od ok. 15 do 45 metrów. Dla większych rozdzielczości błąd znacznie rośnie nawet do 180 metrów przy zakresie obserwacji 12 mil morskich. Nie były to badania statystyczne i wyników nie należy generalizować. Niemniej jednak wyniki badań w aspekcie dokładnościowym zwróciły moją uwagę na fakt, że wyznaczone pozycje z wykorzystaniem metod nawigacji radarowej nie są dokładne i należałoby zastosować dodatkowe procedury zmniejszające błąd pozycji. Zaprezentowana aplikacja umożliwia porównanie obrazów radarowych z mapą morską i wyznaczenie pozycji obserwowanej, a także poprzez dokonanie zadania wyrównania klasycznego lub wyrównania odpornego automatyzuje proces wyznaczania pozycji estymowanej. Badania prowadzone były na szeregu rzeczywistych obrazów radarowych Zatoki Gdańskiej. Z obrazów nie usuwano zakłóceń. Jako pozycję obserwowaną do zadania wyrównania przyjęto pozycję wyznaczoną metodą dopasowania obrazów. Oszacowano jej błąd.



Rys. 1. Stanowisko do badań automatyzacji nawigacji radarowej (powstało w ramach projektu badawczego własnego Nr 4T12C 05729 pt. Automatyzacja procesu wyznaczania pozycji jednostki pływającej z wykorzystaniem nawigacji radarowej.) Opracowanie własne.

Opracowana aplikacja umożliwia identyfikację punktów charakterystycznych obrazu radarowego i wyznaczenie niezbędnych parametrów – zmierzonych i obserwowanych wartości namiarów i odległości do tych punktów. W metodzie wyrównania odpornego aplikacja umożliwia wykorzystanie dwóch funkcji tłumienia: Hampela i duńskiej funkcje tłumienia. Możliwe jest też ustawienie niezbędnych parametrów tych funkcji. Przykładowe wyniki zadania wyrównania klasycznego i odpornego zostały przedstawione w artykule. Aplikacja została opracowana w ramach projektu badawczego „Automatyzacja procesu wyznaczania pozycji jednostki pływającej w nawigacji

radarowej” i stanowi główny interfejs użytkownika kompleksowego stanowiska do badań automatyzacji nawigacji radarowej. Dokładność estymowanej pozycji radarowej wzrosła. Błąd zmalał prawie dwukrotnie (dla obrazów przyjętych do badań), dlatego też uważam, że tak obiecujące wyniki wskazują kierunek dalszych badań w zakresie automatyzacji wyznaczania pozycji z wykorzystaniem nawigacji radarowej.

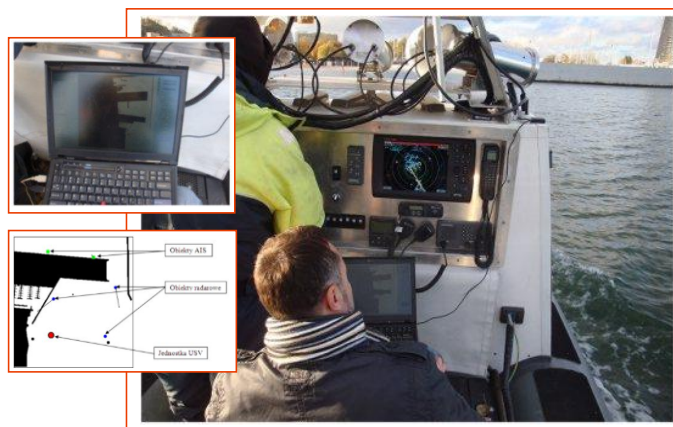
[AC 4.]

Akweny śródlądowe, w szczególności korytarze rzeczne, kanały są specyficzne i wymagają odmiennego podejścia do realizacji zadań nawigacyjnych. Bliskość linii brzegowej, dostępność charakterystycznych elementów występujących na lądzie i liczba stałego oznakowania nawigacyjnego determinuje sposób prowadzenia nawigacji na tych akwenach. Do wyznaczania pozycji przede wszystkim wykorzystywane są klasyczne metody terestryczne (wizualne). Nierzadko jednostki śródlądowe nie posiadają niektórych elementów, które są typowym wyposażeniem nawigacyjnym jednostek morskich. Mam tu na myśli radar, mapę elektroniczną, satelitarny system pozycyjny itp. Niemniej jednak wprowadza się wymagania posiadania tych urządzeń i korzystania z nich w szczególności w porze nocnej i przy pogarszających się warunkach hydrometeorologicznych. Artykuł przedstawia propozycję automatyzacji prowadzenia jednostki po trasie wyznaczonej w korycie rzeki. Obserwacja linii brzegowej może być ciągła i realizowana bez udziału nawigatora. Poza obserwacją zautomatyzować można proces pozyskiwania i przetwarzania obrazów radarowych, a także wyznaczania pozycji obserwowanej na ich podstawie. W pracy zwróciłem uwagę na fakt, że reprezentacja inwariantu konturowego obrazów radarowych wąskich przejść, kanałów, rzek są specyficzne. Na każdym widoczne są linie brzegowe akwenu. Rozmieszczenie tych linii na inwariancie konturowym jest charakterystyczne dla pozycji jednostki na torze wodnym. Kontrolując inwariant sierdziej można wszelkie zejścia jednostki z planowanej trasy. Automatyczny system utrzymania jednostki na torze wodnym reagujący na zejście jednostki z zaplanowanej trasy, nadmierne zbliżenie się do brzegu lub odosobnionego niebezpieczeństwa powinien cechować się prostotą wykonania i szybkością działania. Proponowane w artykule rozwiązanie posiada ww. cechy.

[AC 5.]

Zadania nawigacji radarowej to także manewrowanie w celu zajęcia pozycji w stosunku do obiektu ruchomego. Zadania te obejmują szeroko pojęte manewrowanie antykolizyjne, a także tzw. manewry taktyczne, czyli zajmowanie i trzymanie pozycji względnej w ruchu. Automatyzacja tego procesu to nie tylko określenie i zaimplementowanie reguł dotyczących sposobu realizacji manewru ale także opracowanie reguł decyzyjnych wyboru optymalnych parametrów ruchu mających wpływ na precyzję wykonywania manewru i bezpieczeństwo nawigacji. Oszacowanie dokładności wyznaczenia parametrów manewru ma kluczowe znaczenie i może decydować nawet o możliwości wykonania takiego manewru. Urządzenia radarowe nie należą do dokładnych. Dokładność ich wskazań zależy od

szeregu parametrów takich jak: opóźnienie sygnału sondującego, niedokładność synchronizacji, niezgodność skali podstawy czasu i innych wspomnianych już wyżej w autoreferacie. Może to być jedna z przyczyn, że manewry taktyczne i zapobiegawcze nie są w pełni zautomatyzowane. Wymagany jest niestety udział nawigatora, który na podstawie dodatkowych obserwacji koryguje manewr. Z tymi problemami zetknąłem się prowadząc badania w projekcie badawczy rozwojowym Nr O R00 0106 12 „Zintegrowany system planowania perymetrycznej ochrony i monitoringu morskich portów i obiektów krytycznych oparty o autonomiczne bezzałogowej jednostki pływające”. Pracowałem tam w zespole zajmującym się opracowaniem systemu nawigacyjnego dla autonomicznej, bezzałogowej jednostki pływającej (wspomnianej już wyżej jako APN) odpowiadając za algorytmizację i implementację autonomicznego systemu nawigacyjnego oraz systemu unikania kolizji.



Rys. 2. Testowanie automatycznego system nawigacyjnego na jednostce Edredon. Opracowanie własne.

Manewrowanie antykolizyjne, realizacja przejścia po wyznaczonej trasie, omijanie przeszkód itp. realizowane było między innymi w oparciu o informację radarową. W ramach tego projektu powstał prototypowy system testowany na demonstratorze technologii – bezzałogowej jednostce EDREDON. W projekcie tym w zakresie dokładności wykonywania manewrów, ich planowania i realizacji, korzystałem z wiedzy i doświadczeń nabytych podczas realizacji projektu badawczego: „Precyzyjne planowanie manewru przy zwalczaniu zagrożenia ze strony szybkich jednostek nawodnych z użyciem artylerii” (projekt KBN Nr ON526 012735). W omawianym artykule określiłem wpływ parametrów obserwacji radarowej oraz parametrów ruchu celu na dokładność wyznaczenia kursu i czasu manewru. Największy wpływ na dokładność zaplanowanego manewru ma błąd określenia współrzędnych pozycji echa radarowego w okrętowym, lokalnym układzie współrzędnych biegunowych.

[AC 6.]

Zajmując się zagadnieniem automatyzacji nawigacji radarowej, w większości badań rozwijałem i udoskonalałem metody tzw. nawigacji porównawczej. Zauważyłem potrzebę realizacji dalszych badań także w zakresie pozyskiwania kompletnej i dokładnej informacji radiolokacyjnej zwiększającej

bezpieczeństwo prowadzenia nawigacji. Cechą charakterystyczną nawigacji radarowej jest to, że niebezpieczeństwa nawigacyjne widoczne na radarze mają wpływ na proces jej prowadzenia. Trzeba mieć jednak świadomość, że systemy radarowe jak dotąd charakteryzują się stosunkowo niską dokładnością. Pomimo ciągłego ulepszania posiadają także niewielką odporność na zakłócenia, w tym zakłócenia bierne oraz zbyt mała czułość, utrudniająca a czasami wręcz uniemożliwiająca wykrycie małych obiektów. W związku z powyższym, istnieje konieczność prowadzenia prac badawczych nad dalszym rozwojem tych urządzeń. Wprowadzanie nowoczesnych technologii jak również nowego oprogramowania analizującego sygnał wizyjny radaru może znacznie udoskonalić proces detekcji ech, a tym samym zwiększyć prawdopodobieństwo wykrycia ech użytecznych, w tym ech znajdujących się w obszarze występowania zakłóceń. Prace badawcze nad tą problematyką prowadziłem realizując projekt badawczy własny, którego byłem kierownikiem i wykonawcą pt. „Wielowymiarowe zobrazowanie okrętowego radaru nawigacyjnego do detekcji obiektów o niskiej wykrywalności” (projekt KBN Nr 0537/B/T00/2009/37; realizowany w AMW latach 2009–2012). W artykule zaproponowałem zastąpienie typowych wskaźników panoramicznych typu „P” wskaźnikami umożliwiającymi zobrazowanie wielowymiarowe 3D. W efekcie tych działań uzyskałem nowy i w przypadku radarów morskich dotychczas niestosowany sposób prezentacji zobrazowania, który wraz z przedstawioną w projekcie metodą analizy sygnału wizyjnego może poprawić prawdopodobieństwo wykrycia małych obiektów i obiektów będących „pod przykryciem” zakłóceń. Omawiana publikacja jest jedną z pierwszych tego cyklu i dotyczy sposobu tworzenia wielowymiarowego zobrazowania radarowego. Wymagało to opracowania sposobu pozyskania pierwotnego sygnału radiolokacyjnego i rejestracji informacji o mocy sygnału docierającego do anteny radarowej (pierwotny sygnał wizyjny przestawiony w postaci napięciowej). W późniejszych etapach realizując ww. projekt badawczy zakupiono aparaturę i opracowano stanowisko do pozyskiwania pierwotnych sygnałów radiolokacyjnych. Rejestracja sygnału w bloku odbiorczym radaru dostarcza takie informacje jak namiar i odległość oraz moc sygnału poszczególnych ech radarowych. Wykonując aplikację w środowisku programowym VisualBasic korzystałem ze standardowej biblioteki graficznej DirectX do zobrazowania trójwymiarowego obrazu.

[AC 7.]

To kolejny artykuł dotyczący zagadnień tworzenia wielowymiarowego zobrazowania radarowego. W wyniku prac nad tą problematyką rozwinąłem metodę pozyskiwania danych do automatycznego tworzenia i wizualizacji zobrazowania radarowego 3D. Do tego celu wykorzystałem wspomnianą już wyżej aparaturę pomiarową składającą się z radaru, komputera z wbudowaną kartą Radar-Kit, oscyloskopu sygnałów mieszanych.



Rys. 3. Zestaw pomiarowy do rejestracji i analizy sygnałów radarowych (skład: Radar, PC z kartą Radar-Kit Maris5000, oscyloskop Tektronix DPO3012). Opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę techniczne możliwości rejestracji sygnału wizyjnego opracowaniu podlegała metoda zapisu sygnałów pochodzących z radaru i tworzenia ukompletnianego obrazu radarowego. Ze względu na szybkość zapisu sygnałów wideo przez oscyloskop możliwe jest tworzenie zobrazowania radarowego w reprezentacji wielowymiarowej po sześciu obrotach anteny radarowej, czyli po ok. 15 sekundach (prędkość zapisu 24Hz).

Poza przedstawieniem całego procesu tworzenia trójwymiarowego zobrazowania radarowego i zaprezentowaniem specjalnie opracowanych programów komputerowych do wizualizacji tego zobrazowania, w artykule zwrócono uwagę na złożoność tego procesu i na problemy z tworzeniem takiego zobrazowania zgodnego ze standardowym formatem nawigacyjnych map elektronicznych ENC.

[AC 8.]

Naturalną kontynuacją poprzednich badań było opracowanie metody analizy pozyskanego pierwotnego sygnału wizyjnego, która doprowadziłaby do poprawy prawdopodobieństwa wykrycia małych obiektów i obiektów będących „pod przykryciem” zakłóceń. Był to główny cel wspomnianego wyżej projektu (Nr 0537/B/T00/2009/37). Przedstawiony artykuł opisuje opracowane w projekcie rozwiązania i przedstawia cząstkowe wnioski z prowadzonych badań. W badaniach analizowano poziom sygnału wizyjnego, częstotliwość jego występowania, a także jego kształt. Opracowana i opisana powyżej [AC 7.] metoda rejestracji pierwotnego sygnału wizyjnego umożliwia zastosowanie metody usuwania losowych zakłóceń poprzez wielokrotne i kontrolowane sumowanie sygnałów radarowych z tego samego namiaru. Kolejną autorską metodą opracowaną w projekcie była tzw. gradientowa metoda wykrywania słabych ech radarowych. Zauważyłem, że „użyteczny” sygnał radarowy pochodzący od obserwowanych obiektów charakteryzuje się nie tylko poziomem sygnału ale także jego kształtem. Badania przeprowadziłem na rzeczywistych sygnałach radarowych zarejestrowanych za pomocą zestawu pomiarowego zaprezentowanego na rysunku 3. Cyfrowa

rejestracja i obróbka sygnałów wykonana była za pomocą odpowiednio przygotowanych aplikacji a cały proces może być łatwo zautomatyzowany.

Stosując powyższe metody możemy mówić, z większym lub mniejszym prawdopodobieństwem, o ewentualnym wykryciu słabych ech radarowych. Dlatego też moje badania dotyczą także poszukiwania dodatkowej metody zwiększającej prawdopodobieństwo wykrycia takich ech. W opracowanej nowej metodzie ekstrakcja tych punktów odbywa się poprzez wstępne pogrupowanie ich ze względu na częstotliwość występowania i poziom sygnału. Do tego zadania zaproponowałem zastosowanie nowoczesnych metod estymacji danych pomiarowych stosowanych w geodezji, wykorzystanie M_{split} estymacji do ekstrakcji słabych ech radarowych [OP 2.]. Założyłem, że sygnał radarowy jako zbiór obserwacji jest reprezentowany przez szereg nieznanymi zmiennymi losowymi. Opisują one szумы, zakłócenia, echa charakterystyczne i wreszcie echa o niskim poziomie sygnału. Poszukiwanie estymatorów tych zmiennych to temat kolejnego artykułu, który obecnie przygotowuję [OP 2.]. Temat jest interesujący i z pewnością wpina się w główny nurt badań naukowych w dziedzinie nawigacji radarowej oraz geodezji.

[AC 9.]

Porównawcze metody wyznaczania pozycji rozwijane przeze mnie w ramach prac nad automatyzacją nawigacji radarowej znalazły także zastosowanie w badaniach optycznych systemów pozycjonowania. W artykule przedstawiono sposób wyznaczania pozycji jednostki poprzez dopasowanie obrazu linii brzegowej pozyskanej z mapy z rzeczywistym obrazem tej linii pozyskanej z kamery CCD. Zastosowano obserwację dookólną z wykorzystaniem kamery i lustra sferycznego i otrzymano obrazy w rzeczywistym dynamicznym odwzorowaniu sferycznym. Zarówno specjalnie wygenerowane obrazy mapowe jak i rzeczywiste obrazy wizyjne przedstawione w postaci konturowej były ze sobą porównywane z zastosowaniem dwóch funkcji podobieństwa (funkcji odległości i korelacji). Obszerne wyniki badań dotyczących oceny dokładności wyznaczenia współrzędnych pozycji opracowaną metodą zostały zawarte w artykule. Publikacja stanowi też dowód na to, że szereg zaadaptowanych a także opracowanych przeze mnie metod, zastosowanych w nawigacji radarowej może być z powodzeniem wykorzystanych w innych zadaniach, w ogólnie i szeroko pojętym pozycjonowaniu, identyfikacji oraz zadaniach związanych z rejestracją i przetwarzaniem obrazów cyfrowych. Podobne próby zastosowań tych metod przedstawiłem w: [B27] i [B51].

Wieloletnie badania nad automatyzacją nawigacji radarowej pozwoliły mi zidentyfikować kluczowe problemy badawcze odnoszące się do zadania procesu automatycznego wyznaczania pozycji, oceny dokładności oraz metod jej poprawy, a także przetwarzania obrazu radarowego w celu wykrywania obiektów (punktów) charakterystycznych i ech radarowych o niskim poziomie sygnału. Zaprezentowany cykl publikacji wskazuje na możliwość zautomatyzowania tych zagadnień i stworzenia autonomicznego systemu nawigacyjnego. Jego główną zaletą jest to, że nie zależy od

zewnętrznych źródeł informacji i może być alternatywą w przypadku braku możliwości wykorzystania systemów satelitarnych.

W wszystkich swoich badaniach wykorzystywałem techniki oraz metody wchodzące w zakres współczesnej geodezji i nawigacji. Należy nadmienić, że większość moich publikacji dotyczy zagadnień zaprezentowanych w powyższym cyklu. Na uwagę zasługują także inne opracowania, dotyczące wykorzystania metod porównawczych do poprawy dokładności wyznaczania pozycji w aglomeracjach miejskich [B16][B27][AP 1.] oraz detekcji, lokalizacji i identyfikacji obiektów dennych podczas prowadzenia pomiarów hydrograficznych [AP 3.].

Podsumowując moje osiągnięcia naukowe:

1. Od obrony doktoratu otrzymałem 294 punkty parametryczne wynikających z działalności naukowej;
2. Jestem autorem i współautorem 104 publikacji (monografii, artykułów, referatów konferencyjnych); 9 z nich ukazało się przed obroną rozprawy doktorskiej; 2 z nich w trakcie publikacji;
3. Kierowałem 2 projektami badawczymi własnymi oraz 2 pracami statutowymi;
4. Brałem udział w 18 projektach badawczych własnych, rozwojowych i statutowych jako główny wykonawca lub wykonawca (w tym dwóch międzynarodowych);
5. Jestem autorem 7 rozwiązań technicznych i projektowo konstrukcyjnych (opisanych poniżej);
6. Otrzymałem 5 nagród i wyróżnień wynikających z prowadzenia badań naukowych i prac rozwojowych;
7. Jestem promotorem pomocniczym 2 rozpraw doktorskich;
8. Byłem sekretarzem komitetu organizacyjnego 3 międzynarodowych konferencji naukowo-technicznych oraz organizatorem 1 konferencji krajowej;
9. Byłem 8 razy członkiem komitetu organizacyjnego międzynarodowych konferencji naukowo-technicznych.

Sumaryczne zestawienie osiągnięć w pracy naukowo-badawczej przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Rodzaj osiągnięcia naukowo-badawczego	Razem (jako autor lub współautor)
1.	Uzyskana liczba punktów parametrycznych po doktoracie (na podstawie wykazów czasopism wraz z liczbą punktów MNiSW oraz wcześniej MEiN, MNiI i KBN)	294
2.	Autorstwo lub współautorstwo monografii	6
3.	Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w	60

	czasopismach międzynarodowych	
4.	Autorstwo lub współautorstwo opracowań zbiorowych, katalogów zbiorów, dokumentacji prac badawczych, ekspertyz	13
5.	Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi	4
6.	Udział w międzynarodowych lub krajowych projektach badawczych	18
7.	Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność naukową	2
8.	Wygłoszone referaty na międzynarodowych lub krajowych konferencjach tematycznych	37

Pełne zestawienie moich osiągnięć naukowo-badawczych znajduje się w załączniku nr 3.

2.5. Zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowo-konstrukcyjne

2.5.1. Projekt systemu wyznaczania pozycji jednostek pływających w oparciu o metody porównawcze

System porównawczego wyznaczania pozycji został opracowany w dwóch wersjach. W pierwszej wykorzystano Sztuczne Sieci Neuronowe do aproksymacji położenia jednostki. Pracuje on w oparciu o zbiór ciągów uczących zbudowanych z szeregu obrazów radarowych i obrazów mapy morskiej, które odwzorowaniem, skalą i formatem odpowiadają obram radarowym. Obrazy poddawane są wstępnej obróbce – filtracji, a w dalszej kolejności transformacji do postaci inwariantu konturowego. System przewiduje wykorzystanie sieci neuronowych: perceptronu wielowarstwowego, sieci GRNN, sieci o radialnych funkcjach bazowych RBF a także samoorganizującej sieci Kohonena do kompresji obrazów radarowych. Zastosowanie metod neuronowych w nawigacji porównawczej z wykorzystaniem obrazów radarowych badałem już wcześniej realizując rozprawę doktorską. W drugiej wersji systemu do wyznaczania pozycji wykorzystuje się minimalnoodległościowe metody identyfikacji obrazów. Podobnie jak wyżej obrazy poddawane są przebudowie do postaci inwariantów konturowych. W opracowanym systemie zastosowano arbitralne podejście do wyboru funkcji podobieństwa zastosowanej w algorytmie wyznaczającym współczynniki podobieństwa obrazów. Szerszy opis wybranych elementów systemu zawarto w [A2][B12][B25].

System został wyróżniony jako opracowanie teoretyczne w konkursie organizowanym przez komisję ds. wynalazczości Marynarki Wojennej RP w 2003 roku [DC 1.].

Kolejnym sukcesem było wyróżnienie i zakwalifikowanie opracowanego systemu do prezentacji podczas konferencji NATO „The Digital Battlefield” organizowanej w Brukseli w październiku 2004.

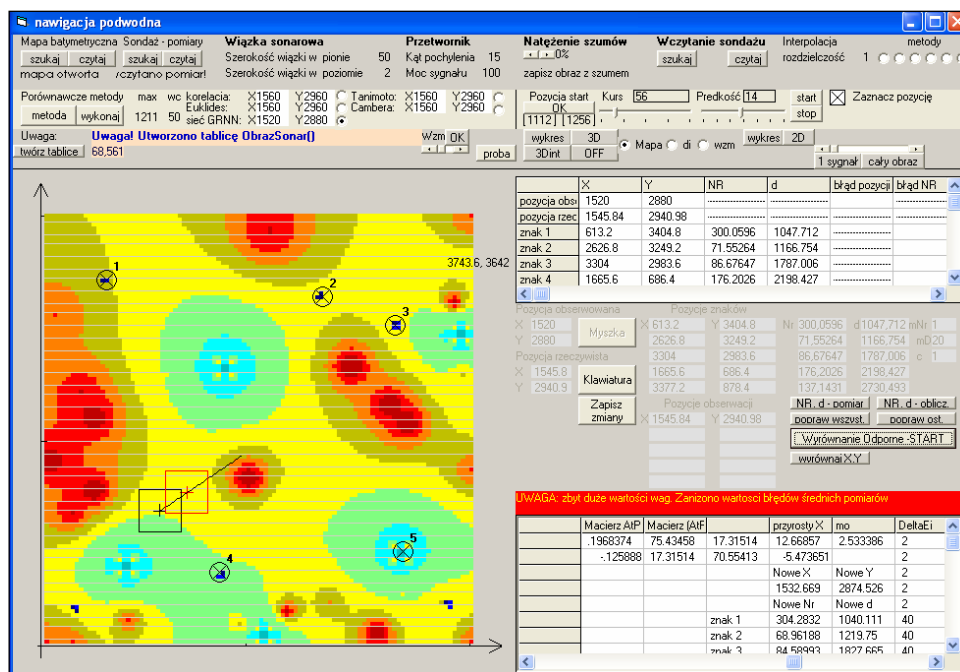
(Tytuł wystąpienia i prezentacji: „Automatic radar navigation system for positioning in coastal MCM operation”) [BI 1.]

System był także prezentowany na:

- V Bałtyckich Targach Balt-Military Expo w Gdańsku 2005; Tytuł prezentacji: „Przybrzeżny system pozycjonowania jednostek pływających” [BI 2.];
- Bałtyckich Festiwalach Nauki w Gdyni, udział wielokrotny w latach 2004–2006;
- European Business Days for RTOs in Surface Transport CRONET DAYS, Nantes, Francja 2005; Tytuł prezentacji: „The Project of Autonomous Spare Coastal Positioning System”;
- Seminariach naukowych dla przemysłu i gospodarki morskiej prezentowane w Urzędzie Morskim w Gdyni; Przemysłowym Instytucie Telekomunikacji S.A. PIT-RADWAR S.A, w roku 2005 i 2006.

Kolejnym oryginalnym rozwinięciem systemu wyznaczania pozycji z wykorzystaniem metod porównawczych jest autorski projekt tp.: „**Symulator systemu wyznaczania pozycji pojazdu podwodnego**”. Opracowany on został w ramach projektu badawczego własnego Nr 0T00A01225 pt.: „Doskonalenie metod precyzyjnej nawigacji pojazdu podwodnego”, którego byłem głównym wykonawcą. Symulator to aplikacja, która kompleksowo realizuje zadania:

- budowy numerycznego modelu dna morskiego stanowiącego środowisko, w którym porusza się pojazd podwodny;
- symulacji pracy pokładowych systemów sonarowych (sondy wielowiązkowej);
- symulacja generowania echogramów i sonogramów oraz zapisywania i przetwarzania tych obrazów;
- generowania zakłóceń losowych pracy systemów pomiarowych a także zakłóceń parametrów środowiska
- wyznaczania pozycji poprzez porównywanie obrazów pomiarowych z mapą dna.
- wyrównania wyników pomiarów.



Rys. 4. Główne okno aplikacji symulatora systemu wyznaczania pozycji pojazdu podwodnego. (autor aplikacji M. Wąż). Opracowanie własne

Szerszy opis symulatora zawarty jest w publikacjach [B8][G22]. W opracowanym symulatorze zaadaptowałem porównawcze metody wyznaczania pozycji stosowane wcześniej przeze mnie w nawigacji radarowej. Poza klasycznymi funkcjami podobieństwa zaimplementowałem także neuronową metodę wykorzystującą sieć GRNN do aproksymacji położenia echogramów w numerycznym modelu terenu (dna morskiego).

Symulator prezentowałem na konferencjach zagranicznych i krajowych [G26][G28]. Opracowany jako projekt racjonalizatorski wdrożyłem go w Akademii Marynarki Wojennej w 2006 roku [DC 3.]. W 2007 roku otrzymałem nagrodę rektorską I stopnia za realizację ww. projektu. [DC 5.].

Aplikacja jest rozbudowywana w dalszym ciągu. Na potrzeby projektu badawczego KBN Nr O N526 216539 pt. „Optymalizacja hydroakustycznego poszukiwania obiektów podwodnych w aspekcie zagrożenia terrorystycznego akwenów portowych” rozszerzyłem ją o dodatkowe opcje (wspomniane już wyżej – patrz punkt 2.3.) ułatwiające automatyczną detekcję charakterystycznych obiektów dennych [B51].

2.5.2. Projekt wektorowej mapy radarowej

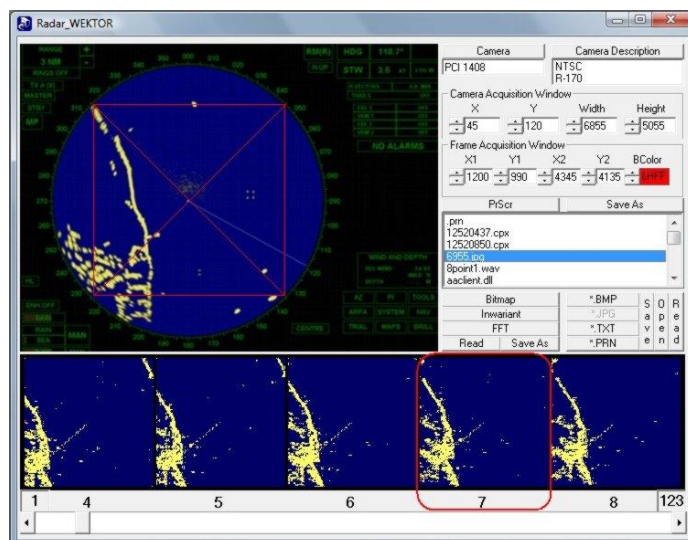
Wektorowa mapa radarowa wybranego wycinka wybrzeża powstała w ramach projektu badawczego własny Nr 4 T12 E 01026 pt. „Opracowanie projektu budowy wektorowej mapy radarowej”, którego byłem kierownikiem. Projekt został zrealizowany w latach 2004–2005.

W projekcie zaprezentowałem metodę tworzenia cyfrowej, wektorowej mapy radarowej w oparciu o rejestrowane obrazy radarowe wybranych odcinków wybrzeża. Specjalnie opracowana mapa

radarowa w postaci cyfrowej posiada właściwości szybkiej zmiany skali, zmiany różnych odwzorowaniach kartograficznych oraz przetwarzania mapy do postaci zgodnej z reprezentacją obrazów radarowych.

Projekt wymagał zrealizowania następujących zagadnień:

- transformację obrazu radarowego w postać wektorową,
- uzupełnienie katalogu obiektów standardu S-57 o obiekt wektorowej mapy radarowej,
- opracowanie zasad definiowania nowych klas obiektów i atrybutów,
- zdefiniowanie klas obiektów - mapa radarowa, punkt mapy radarowej,
- opracowanie algorytm generowania obrazu mapy w systemach ECDIS i ECS.



Rys. 5. Aplikacja do rejestracji i przetwarzania obrazów radarowych w postać wektorową (autor aplikacji: M.Wąż). Opracowanie własne.

Powyższe elementy w formie fragmentu ze sprawozdania końcowego realizacji projektu badawczego zamieściłem w [OP 1.].

Za kierowanie projektem oraz jego realizację otrzymałem w roku 2006 nagrodę Rektora Akademii Marynarki Wojennej III stopnia [DC 4.].

2.5.3. System wspomagania zadań manewrowych

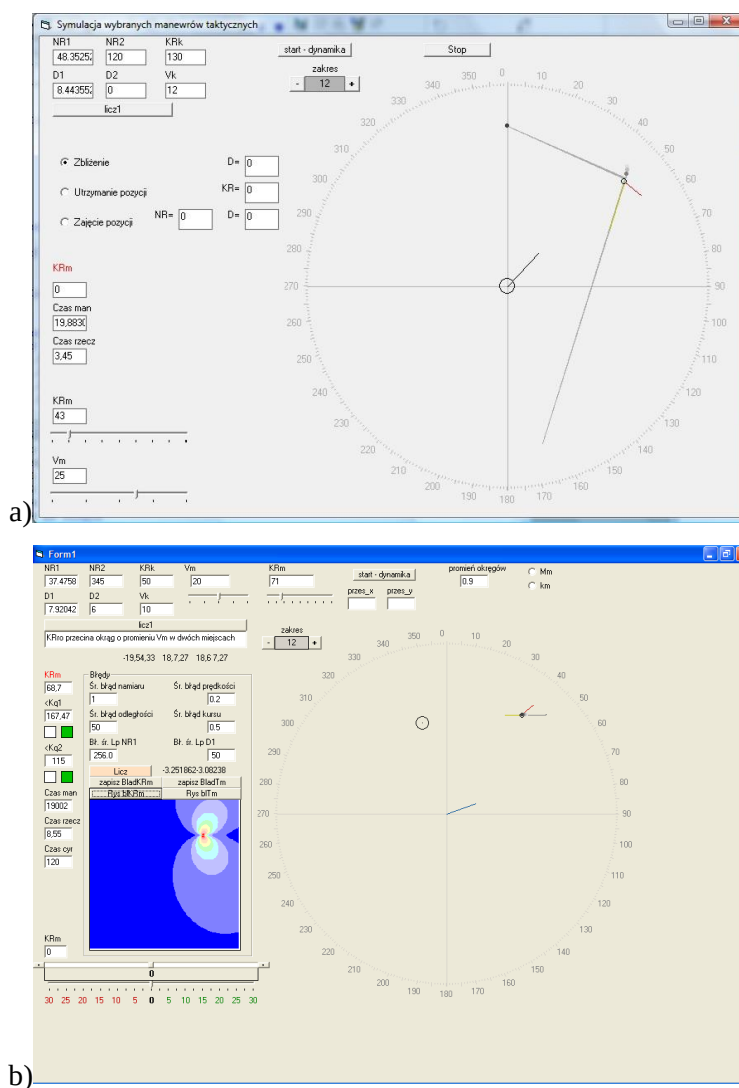
System wspomagania zadań manewrowych to szereg aplikacji wspomagających podejmowanie decyzji podczas wykonywania manewrów taktycznych z użyciem radaru. Do jego zadań należy prowadzenie obserwacji radarowej, zajęcie i utrzymanie pozycji względem obiektu, wyznaczenie błędów kursu i czasu zaplanowanego manewru. Pełni on rolę eksperckiego systemu planowania i wykonywania większości manewrów oraz pozwala na prowadzenie treningów manewrowania jednostką w oparciu o dane pozyskane z radaru.

Autoreferat

System umożliwia symulowanie pracy radaru nawigacyjnego, prowadzenie obserwacji i śledzenia echa-celu. Na tej podstawie zapewnia planowanie i wykonanie większości manewrów taktycznych takich jak:

- zajęcie pozycji w wyznaczonym czasie lub z zadaną prędkością,
- zwiększenia i zmniejszenia odległości z zachowaniem stałego namiaru,
- wykonanie manewru zbliżenia bezpośredniego,
- utrzymanie pozycji w stosunku do obiektu po jego zwrocie.

System wspomagania decyzji manewrowych ma możliwość automatycznego uwzględniania błędów pomiaru parametrów ruchu i pozycji śledzonego radarem obiektu. Symulowane są błędy losowe charakteryzujące się rozkładem normalnym. Symulowane są także sporadyczne przypadkowe błędy grube. Kolejną integralną częścią systemu jest aplikacja automatyzująca proces wyznaczania elementów zbliżenia oraz elementów ruchu celu w meldunku radarowym.



Rys. 6. Aplikacja do symulowania wybranych manewrów taktycznych (a) oraz do monitorowania błędów kursu i czasu zaplanowanego manewru taktycznego (b) (autor aplikacji: M.Wąż). Opracowanie własne.

Powyższe aplikacje wchodzące w skład systemu opracowałem na potrzeby projektu badawczego własnego KBN NR ON526 012735 pt. „Precyzyjne planowanie manewru przy zwalczaniu zagrożenia ze strony szybkich jednostek nawodnych z użyciem artylerii”. W pracach nad automatycznym systemem nawigacyjnym w części dotyczącej planowania manewrów uchylenia na podstawie danych radarowych korzystałem z tych aplikacji, a także rozwinąłem je realizując projekt rozwojowy Nr O R00 0106 12 pt. „Zintegrowany system planowania perymetrycznej ochrony i monitoringu morskich portów i obiektów krytycznych oparty o autonomiczne bezzałogowej jednostki pływające”.

The screenshot shows a software window titled "CPA i TCPA". It contains a table with radar data and several control panels on the right.

NRI		Di	czas	Vm	KRm	Vk	KRK	CPA	TCPA
stopnie		mile m	sekundy	węzły	stopnie	węzły	stopnie	mile morskie	minuty
10	6	360	10	0	50,1819	191,983	0	6	
0	5	360	20	30	34,1752	162,985	0	6	
36	10	360	20	30	80,1368	217,494	0	6	
72	15	360	20	30	135,798	257,655	0	6	
108	20	360	20	30	196,816	293,704	0	6	
144	14	360	23	40	147,265	332,716	0	6	
180	9	360	23	40	108,629	7,82202	0	6	
216	4	360	25	40	64,9625	37,5382	0	6	
252	11	360	26	40	132,766	66,0433	0	6	
288	21	360	20	50	221,249	103,603	0	6	

On the right side of the window, there are several control panels:

- licz ECR celów kolizyjnych**: A panel with input fields for "54", "36", "358,260", and "19,008".
- licz CPA i TCPA celów po zwrocie**: A panel with input fields for "18", "22", "54", "55", "18", and "21".
- czas zmian [s]**: A panel with input fields for "0" and "6".
- licz**: A button labeled "licz".
- licz NR i D**: A button labeled "licz NR i D".

Rys. 7. Wyznaczanie elementów ruchu celu oraz elementów zbliżenia w meldunku radarowym (autor aplikacji: M.Wąż). Opracowanie własne.

W kolejnym projekcie rozwojowym Nr DOBR-BIO4/090/13137/2013 pt. „Autonomiczne platformy nawodne (APN)” planuję dalsze jego wykorzystanie i rozbudowę o optymalizację zaplanowanego manewru zapobiegawczego dla autonomicznego systemu nawigacyjnego.

2.5.4. Pozostałe ważniejsze, oryginalne osiągnięcie projektowo-konstrukcyjne powiązane z tematyką nawigacji radarowej

2.5.4.1. Automatyczny system identyfikacji celów nawodnych z wykorzystaniem systemów wizyjnych i ARPA

W prezentowanym prototypowym systemie automatycznej identyfikacji obiektów nawodnych wykorzystywane są techniki przetwarzania obrazów stosowanych przeze mnie nawigacji radarowej. W zastosowanej metodzie wykorzystuje się obrazy rastrowe sylwetek jednostek nawodnych wchodzących w skład wcześniej przygotowanej bazy danych. Dla każdej sylwetki opracowywany jest jego „niezmiennik” – inwariant konturowy. Wymaga to zastosowania szeregu filtrów wyszukujących krawędzie i likwidujących znaczne szумы i zakłócenia występujące na obrazach rastrowych. Cechą inwariantu jest uniezależnienie obrazów od stosowanej skali. W celu uniezależnienia obrazów od obrotu – rotacji przeprowadza się transformatę Fouriera obrazów konturowych (podobnie jak

w przypadku obrazów radarowych). System radarowy dostarcza do algorytmu identyfikacji informacje o kącie biegu obserwowanego obiektu. Zastosowanie na tym etapie systemów ARPA umożliwia zautomatyzowanie tego zadania pod warunkiem, że obiekt (obserwowany cel) jest śledzony przez urządzenie. Kolejne etapy działania systemu to transformacja obrazów bazy danych obrazowych do formy uwzględniającej kąt biegu obserwowanej jednostki, a następnie zastosowanie właściwego algorytmu identyfikacji i wskazanie na obiekt z bazy danych, który w sensie działania zastosowanej funkcji podobieństwa jest najbliższy obrazowi obserwowanej jednostki.

Szczególnym osiągnięciem dotyczącym tego projektu było zajęcie II miejsce w konkursie organizowanym przez komisję ds. wynalazczości Marynarki Wojennej RP w 2003 roku. za najbardziej wartościowy projekt racjonalizatorski - opracowanie teoretyczne; współautor Krysiewicz A., udział własny 50% [DC 2.].

Projekt także prezentowano podczas konferencji NATO „The Digital Battlefield”; Bruksela 2004 (Tytuł wystąpienia i prezentacji: „The optical methods with ARPA support for surface target identification”) [BI 1.]

projekt był także prezentowany na:

- V Bałtyckich Targach Balt-Military Expo w Gdańsku 2005; Tytuł prezentacji: „Automatyczny system identyfikacji celów nawodnych z wykorzystaniem systemów wizyjnych i ARPA” [BI 2.];
- Bałtyckich Festiwalach Nauki w Gdyni, udział wielokrotny w latach 2004 – 2006;

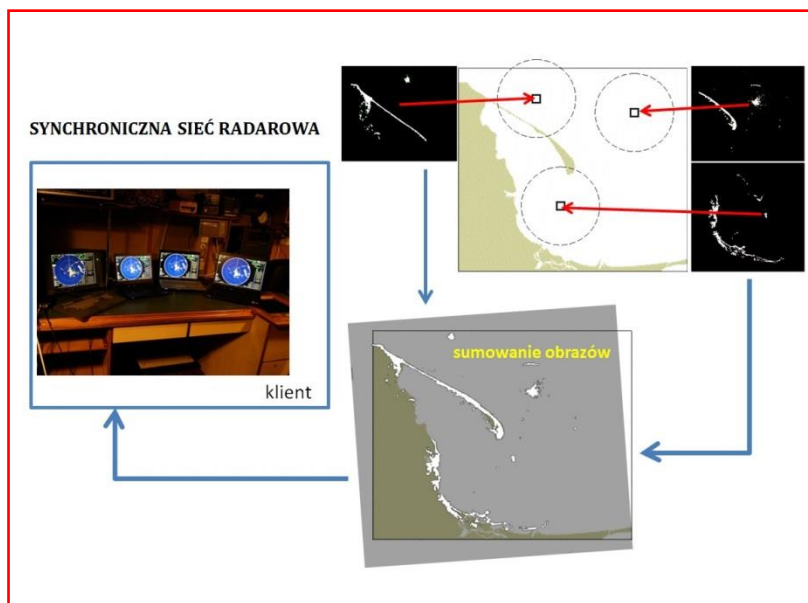
Opracowana aplikacja przyczyniła się także do wygrania konkursu na finansowanie projektu badawczego własnego NR 0 T00B 014 26 pod takim samym tytułem. Niestety jako kierownik zmuszony byłem zrezygnować z realizacji projektu ze względów formalnych albowiem w tym samym czasie zespół badawczy pod moim kierownictwem otrzymał i realizował inny projekt KBN (Nr 4T12E01026)

2.5.4.2. Synchroniczna Sieć Radarowa SSR

Przedstawiona i zaprezentowana w [B34] autorska koncepcja Synchronicznej Sieci Radarowej jest nowym spojrzeniem na zagadnienia rejestracji i przetwarzania obrazów radarowych. Zakłada się, że w wyniku działania SSR powstanie ukompletowany obraz radarowy udostępniony w sieci lokalnym użytkownikom. Koncepcja wymaga udoskonalenia i opracowania:

- metody sumowania obrazów radarowych;
- metody transmisji obrazów poprzez sieć WLAN;
- aplikacji do wizualizacji odebranego obrazu z możliwością wykonywania typowych operacji stosowanych na wskaźnikach radarów nawigacyjnych.

Wstępne badania nad możliwością powstania takiej sieci zostały zaprezentowane we wspomnianym artykule. Zaletą rozwiązania jest to, że w skład SSR mogą wejść istniejące już systemy zwane jako brzegowe systemy obserwacji radarowej (wojskowe, straży granicznej i administracji morskiej).



Rys 8. Schemat przepływu informacji w Synchronicznej Sieci Radarowej. Opracowanie własne

2.5.4.3. Mobilny system rejestracji obrazów radarowych

Jako oryginalne rozwiązanie projektowo konstrukcyjne chciałbym zaprezentować również zestaw pomiarowy służący do rejestracji obrazów radarowych w postaci rastrowej a także pierwotnych sygnałów wizyjnych prezentowanych w postaci napięciowej. Opisany już wyżej (patrz AC 8. rys 3) zestaw zasługuje na uwagę ze względu na jego możliwości w pozyskiwaniu i przesyłaniu (wykorzystanie WiFi) obrazów radarowych do odbiorców, a także ze względu na mobilność całego zestawu.



Rys 9. Przykładowe wykorzystanie mobilnego zestawu rejestracji obrazów radarowych do badania wpływu farm wiatrowych na działanie systemów radiolokacyjnych. (fot. M. Wąż). Opracowanie własne

2.6. Dorobek dydaktyczno-popularyzatorski

2.6.1. Popularyzacja wyników badań

- Międzynarodowa Konferencja N-T NAVSUP : "The Role of Navigation in Support of Human Activity at Sea,,; Gdynia; w cyklu dwuletnim, organizacja i udział nieprzerwalny od 1996r.
- Międzynarodowe konferencje o tematyce nawigacyjnej: TransNav Gdynia, EXPLO Ship Szczecin, IRM Szczecin; wielokrotnie i nieprzerwalnie od 2000r.
- Europejska Konferencja Nawigacyjna ENC; 2009; organizacja i udział w 2012r.
- 12th IAIN World Congress, 2006, Jeju, Korea Płd.
- Pozostałe konferencje międzynarodowe o tematyce nawigacyjnej i morskiej organizowane w krajach: Rosja, Niemcy, Włochy, Hiszpania i Francja.
- Konferencje o tematyce radiolokacyjnej, transportowej, hydroakustycznej, uzbrojeniowej itp.: NATCON, ECUA, TranComp, LogiTrans, IRS, UiSR; wielokrotny udział.
- Bałtycki Festiwal Nauki, Gdynia, prezentacja rozwiązań - udział wielokrotny.
- Bałtyckie Targi Militarne BALT-MILITARY-EXPO, Gdańsk, udział dwukrotny.
- Wystawy zagraniczne: prezentacja projektów i rozwiązań (NATO – Bruksela, Conert Day's – Nantes Francja).
- Seminaria naukowe; propozycje rozwiązań dla przemysłu i gospodarki morskiej prezentowane w instytucjach: Urząd Morski w Gdyni; Przemysłowy Instytut Telekomunikacji S.A. PIT-RADWAR S.A, Centrum Techniki Morskiej CTM Gdynia, BHMW, Port Gdańsk, DCT Gdańsk, Naftoport Gdańsk; w latach 2004–2014.
- Współpraca naukowa w ramach realizowanych projektów i prac badawczych z instytucjami: Asseco Polska S.A., Astri Polska, CTM, FORKOZ, ELSE oraz ELSON.

2.6.2. Udział w organizacjach naukowych

- Członek Sekcji Nawigacji Komitetu Geodezji PAN w latach 1999–2010 [DP 2.].
- Sekretarz Sekcji Nawigacji Komitetu Geodezji PAN w latach 2007–2010 [DP 2.].
- Członek Polskiego Forum Nawigacyjnego – Członek zarządu PNF – sekretarz stowarzyszenia w latach 2010–2014.
- Członek Polskiego Towarzystwa Nautologicznego.

2.6.3. Pełnione funkcje nieetatowe

- Kierownik Studiów Podyplomowych z Zakresu Hydrografii - organizacja i kierowanie studiami w latach 2012-2014.
- Kierownik Kursu Hydrografów kl. B – organizacja i kierowanie kursami w latach 2002–2003.

- Kierownik Kursów STCW Oficerów Pokładowych na poziomie operacyjny - organizacja i kierowanie w latach 2007–2008.
- Kierownik Kursu Bezpieczeństwa Własnego i Odpowiedzialności Własnej – nieprzerwalnie od 2005.

2.6.4. Udział w komitetach konferencji naukowych

- Sekretarz Międzynarodowej Konferencji N-T NAVSUP „The Role of Navigation in Support of Human Activity at Sea” w latach 2004, 2006, 2008.
- Członek komitetu organizacyjnego NAVSUP od roku 2002 (konferencja odbywa się w cyklu dwuletnim)
- Członek komitetu organizacyjnego Europejskiej Konferencji Nawigacyjnej ENC 2012.
- Przewodniczący komitetu organizacyjnego konferencji Northrop Grumman Sperry Marine; Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni 24-25.09.2013.

2.6.5. Działalność ekspercka

- Ławnik Izby Morskiej przy Sądzie Okręgowym w Gdańsku, od roku 2014 [DP 1.].
- Egzaminator CMKE (Centralnej Morskiej Komisji Egzaminacyjnej powołanej zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju), od roku 2014 [DP 3.].

2.6.6. Dorobek dydaktyczny

Prowadzenie zajęć dydaktycznych na I i II stopniu studiów dziennych i zaocznych na kierunku Nawigacja i Mechatronika oraz studiach podyplomowych z przedmiotów:

- Nawigacja I (wykłady, ćwiczenia, laboratoria)
- Nawigacja II (wykłady, ćwiczenia, laboratoria)
- Nawigacja Taktyczna (wykłady, ćwiczenia, laboratoria)
- Metody analizy danych nawigacyjnych (wykłady, ćwiczenia)
- Inżynieria bezpieczeństwa nawigacji (wykłady, ćwiczenia, do roku 2012)
- Systemy pozycjonowania obiektów (wykłady, ćwiczenia)
- Bezpieczeństwo własne i odpowiedzialność wspólna (wykłady, ćwiczenia)
- Kurs Radar-ARPA poziom operacyjny (wykłady, ćwiczenia, laboratoria)
- Analiza matematyczna i algebra liniowa (ćwiczenia w latach 2011–2013)
- Metody probabilistyczne w technice (ćwiczenia w latach 2011–2013)

Prowadzenie zajęć dydaktycznych na kursach kwalifikacyjnych STCW dla oficerów pokładowych na poziomie operacyjnym i zarządzania:

- Trygonometria sferyczna (wykłady, ćwiczenia)
- Kurs Radar-ARPA poziom operacyjny i zarządzania (wykłady, ćwiczenia, laboratoria)

Realizowane pensum dydaktyczne wynosiło średnio w roku akademickim 130-210% wymaganego pensum.

Opieka naukowa:

Promotorstwo i recenzowanie prac dyplomowych (inżynierskich i magisterskich):

- Promotor 41 prac inżynierskich, 19 magisterskich i 6 podyplomowych (większość z zakresu nawigacji radarowej)
- Recenzent 29 prac inżynierskich 16 magisterskich i 7 podyplomowych
- Przewodniczący komisji egzaminacyjnej podczas obron prac dyplomowych (wielokrotnie)

Promotor pomocniczy w dwóch przewodach doktorskich:

- Promotor pomocniczy przewodu doktorskiego mgr. inż. Andrzeja Grzędziela pt: „*Wpływ sektora kątownego promieniowania echosondy wielowiązkowej na dokładność sondażu*”; Promotor prof. dr hab. inż. Andrzej Felski; Uchwała Rady Wydziału Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego AMW nr 05/13/14 z dnia 13.11.2013
- Promotor pomocniczy przewodu doktorskiego mgr. inż. Sławomira Kozaczki pt: „*Bezpieczeństwo granic Rzeczypospolitej Polskiej w aspekcie nowoczesnych środków obserwacji technicznej*”; Promotor dr hab. inż. Grażyna Grelowska; Uchwała Rady Wydziału Dowodzenia i Operacji Morskich AMW z dnia 24.09.2013

Sumaryczne zestawienie osiągnięć w pracy dydaktyczno-popularyzatorskiej przedstawiono w tabeli poniżej:

Lp.	Rodzaj osiągnięcia dydaktyczno-popularyzatorskiego	Razem (jako autor lub współautor)
1.	Uczestnictwo w programach europejskich i innych programach międzynarodowych lub krajowych	5
2.	Udział w międzynarodowych lub krajowych konferencjach naukowych	23
3.	Udział w komitetach organizacyjnych międzynarodowych lub krajowych konferencji naukowych	9
4.	Otrzymane nagrody i wyróżnienia	3
5.	Udział w konsorcjach i sieciach badawczych	5
6.	Kierowanie projektami (zespołami badawczymi) realizowanymi we współpracy z naukowcami z innych ośrodków polskich i zagranicznych	3
7.	Członkostwo w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych	3
8.	Osiągnięcia w zakresie popularyzacji nauki (wystawy naukowe)	4

Autoreferat

9.	Opieka naukowa nad doktorantami w charakterze opiekuna naukowego lub promotora pomocniczego	2
10.	Wykonanie ekspertyz lub innych opracowań na zamówienie organów władzy publicznej, samorządu terytorialnego, podmiotów realizujących zadania publiczne lub przedsiębiorców	1
11.	Staże w zagranicznych lub krajowych ośrodkach naukowych lub akademickich	1
12.	Udział w zespołach eksperckich i konkursowych	2
13.	Recenzowanie projektów międzynarodowych lub krajowych oraz publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych	17
14.	Opracowanie treści programowych (liczba przedmiotów)	3
15.	Prowadzenie zajęć dydaktycznych (liczba przedmiotów)	12
16.	Prowadzenie zajęć dydaktycznych na kursach kwalifikacyjnych STCW dla oficerów pokładowych na poziomie operacyjnym i zarządzania (liczba przedmiotów/kursów)	2
17.	kierowanie pracami inżynierskimi, magisterskimi i podyplomowymi	66
18	Recenzowanie prac inżynierskich, magisterskich i podyplomowych	52

Pełne zestawienie mojego dorobku dydaktyczno-popularyzatorskiego znajduje się w załączniku nr 3.

3. Załączniki do niniejszego autoreferatu

Cykl publikacji stanowiące osiągnięcie naukowe w postaci papierowej:

- AC 1. *Problems with Precise Matching Radar Image to the Nautical Chart*. Annual of Navigation 16/2010, Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 149-164. (6 pkt. MNiSW)
- AC 2. *Navigation based on characteristic points from radar image*. Zeszyty Naukowe, Akademia Morska w Szczecinie 20(92), 2010, Akademia Morska w Szczecinie; pp. 140-145. (6 pkt. MNiSW)
- AC 3. *Estymowana pozycja radarowa*. Logistyka nr 3/2014, str. 6626-6633, współautor K. Naus, udział własny 80%. (10 pkt. MNiSW)
- AC 4. *Using radar in the inland navigation*. Logistyka 6/2009, pp. 87 (1-6). (4 pkt. MNiSW)

- AC 5. *Achieving position accuracy against moving target analyze*. Annual of Navigation 13/2008, Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 131-137, współautor A. Panasiuk, udział własny 80%. (4 pkt. MNiSW)
- AC 6. *3D picture display for navigation radar*. Annual of Navigation 11/2006, Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 137-142. (6 pkt. MNiSW)
- AC 7. *Wizualizacja wielowymiarowego obrazu radarowego*. Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej, No. 4 (195), str. 99-116, Gdynia 2013, współautor K. Naus, udział własny 70%. (4 pkt. MNiSW)
- AC 8. *Wykrywanie ech radarowych o małej amplitudzie sygnału*. Logistyka nr 3/2012, ISSN 1231-5478, str. 2397-2400, współautor K. Naus, udział własny 80%. (4 pkt. MNiSW)
- AC 9. *Determining ship position in a harbour based on omnidirectional image of the coastline*. Annual of Navigation 21/2014, Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 187-214. współautor K. Naus, udział własny 50%. (5 pkt. MNiSW)

Artykuły dołączone w postaci plików pdf:

- AP 1. *Receiver autonomous integrity monitoring method based on digital pictures analysis*. Annual of Navigation 16/2010. Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 89-97, współautor Nowak A., udział własny 50%.
- AP 2. *Precise tracking positions of a submarine vehicle*. Annual of Navigation 13/2008, Polish Academy of Sciences, Polish Navigation Forum; pp. 35-48, współautor Czaplewski K., udział własny 50%.
- AP 3. *Automatyczna detekcja obiektów sonarowych*. Acta Scientiarum Polonorum, Geodesia et Descriptio Terrarum (Geodezja i Kartografia), nr 12 (1) 2013, str. 29-42, współautorzy: Grządziel A., Nowak D., udział własny 50%.
- AP 4. *Multi-Source Radar Information service*. 2nd European Conference of Systems (ECS'11); Puerto De La Cruz, Tenerife, Spain, 2011, pp. 80-84.

Broszury informacyjne oraz plakaty konferencyjne w postaci pdf:

- BI 1. *Automatic radar navigation system for positioning in costal MCM operation; The optical methods with ARPA support for surface target identification; The neural network in passive methods of target identification*. Broszura prezentowana na Konferencji Dyrektorów do Spraw Uzbrojenia NATO: „The Digital Battlefield”; Bruksela 28-29.10.2004.
- BI 2. *Przybrzeżny system pozycjonowania jednostek pływających*. Broszura prezentowana na Bałtyckich Targach Militarnych BALT-MILITARY-EXPO, Gdańsk 2005 oraz Bałtyckich Festiwalach Nauki, Gdynia 2005, 2006.
- BI 3. *Using radar in the inland navigation*. Plakat informacyjny przedstawiający badania naukowe.

- BI 4. *Simulator of Underwater Navigation*. Poster prezentowany podczas XII Światowego Kongresu IAIN, Jeju, Korea Płd. 2006.
- BI 5. *Precise Matching of Radar Display with the Nautical Chart*. Poster prezentowany na Międzynarodowej Konferencji ENC-GNSS 2009, Napol 2009.
- BI 6. *Construction of the Interactive Navigational Structure on the Basis of Radar Display*. Poster prezentowany na Międzynarodowej Konferencji ENC-GNSS 2009, Napol 2009. (współautor K. Czaplewski).

Dyplomy lub wyróżnienia dołączone w postaci kopii papierowych oraz pdf:

- DC 1. *Wyróżnienie za najbardziej wartościowy projekt racjonalizatorski w Marynarce Wojennej RP w roku 2003; Tytuł projektu: „System porównawczego wyznaczania pozycji okrętu pracujący w oparciu o okrętowy radar nawigacyjny”*. Dowództwo Marynarki Wojennej, Gdynia 2004.
- DC 2. *Dyplom za II miejsce za najbardziej wartościowy projekt racjonalizatorski w Marynarce Wojennej RP w roku 2003; Tytuł opracowania „Automatyczny system identyfikacji celów nawodnych z wykorzystaniem systemów wizyjnych i ARPA”*. Dowództwo Marynarki Wojennej, Gdynia 2004; (współautor: A. Krysiewicz).
- DC 3. *Postanowienie w sprawie wdrożenia rozwiązania racjonalizatorskiego „Symulator Systemu wyznaczania pozycji pojazdu podwodnego”*. Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia 2006.
- DC 4. *Nagroda Rektorska III stopnia za kierowanie projektem badawczym „Projekt budowy wektorowej mapy radarowej”*. Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia 2006.
- DC 5. *Nagroda Rektorska I stopnia za udział w zespołowym wykonaniu projektu badawczego „Doskonalenie metod precyzyjnej nawigacji pojazdów podwodnych”*. Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia 2007.

Pozostałe dokumenty dołączone w postaci kopii papierowych oraz pdf:

- DP 1. *Powołanie na ławnika Izby Morskiej przy Sądzie Okręgowym w Gdańsku*.
- DP 2. *Powołanie w skład Sekcji Nawigacji i hydrografii Komitetu Geodezji PAN i powierzenie obowiązków sekretarza Sekcji w kadencji 2007-2010*.
- DP 3. *Lista egzaminatorów Centralnej Morskiej Komisji Egzaminacyjnej powołanej zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju w 2014.*
(http://www.mir.gov.pl/Gospodarka_Morska/Uprawnienia/CMKE/Documents/List_egzaminatorow_29_01_15.pdf)
- DP 4. *Dyplom Hydrografa kl. B. Kurs hydrografów kategorii B (IHO); ukończony w 1996; międzynarodowe uprawnienia Hydrografa Kl. B otrzymane w 2003.*

Pozostałe opracowania i sprawozdania dołączone w postaci plików pdf:

- OP 1. *Wektorowa mapa radarowa w systemie ECDIS*. Fragment sprawozdania końcowego z realizacji projektu badawczego własnego nr 4 T12 E 01026 pt. „Opracowanie projektu budowy wektorowej mapy radarowej”. Gdynia 2005.
- OP 2. *Ekstrakcja ech radarowych o niskim poziomie sygnału*. Artykuł w trakcie opracowywania. Gdynia 2015.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'A' followed by a long horizontal stroke.