



## STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Imię i nazwisko autora rozprawy:

**mgr inż. Sławomir ŚWIERCZYŃSKI**

Stopień / tytuł naukowy oraz imię i nazwisko promotora rozprawy:

**dr hab. inż. Krzysztof Czaplewski, prof. nadzw. AMG**

Temat rozprawy doktorskiej:

***Zastosowanie metod odpornej M-estymacji do wyznaczania położenia echa radarowego jednostki pływającej w systemach nadzoru ruchu statków***

Streszczenie:

W ostatnich latach znaczny nacisk kładzie się na szeroko pojęte bezpieczeństwo morskie. W wielu portach istnieją Systemy Nadzoru i Monitorowania Bezpieczeństwa Ruchu Morskiego, których głównym zadaniem jest sprawne zapewnienie bezpieczeństwa żeglugi i reagowania w sytuacjach zagrożeń. W skład takich systemów wchodzi między innymi sieć brzegowych stacji radarowych, które są rozmieszczone wzdłuż linii brzegowej akwenu objętego nadzorem VTS i stanowią główne źródło informacji nawigacyjnej dostarczanej do systemu. Zasięgi pracy kilku radarów pokrywają się, więc istnieje możliwość jednoczesnego pozyskiwania informacji nawigacyjnej z wielu niezależnych stacji radarowych, które można wykorzystać do zwiększenia dokładności pozycji jednostek pływających. Dane pozyskiwane z tak funkcjonującego podsystemu radarowego mogłyby być wykorzystywane do wyrównania pozycji jednostki pływającej, jednak jednoczesna prezentacja informacji z wszystkich stacji brzegowych daje dla tej samej jednostki niespójny obraz, składający się z kilku ech obok siebie. W celu poprawienia dokładności wyznaczania pozycji obserwowanego obiektu zaistniała potrzeba znalezienia takich metod analitycznych, które z jednej strony w istotny sposób wpłyną na poprawienie bezpieczeństwa żeglugi, a z drugiej umożliwią pełną automatyzację skracającą proces decyzyjny.

Uznano, że niejednoczesne określenie położenia jednostki pływającej w systemach VTS przy jednoczesnym wykorzystaniu obserwacji z kilku brzegowych stacji radarowych oraz nieuwzględnianie błędów grubych wykonanych obserwacji jest elementem funkcjonowania systemów VTS, które należy poprawić. Dlatego podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, czy współczesne metody M-estymacji są wystarczające dla rozwiązania problemu integracji informacji nawigacyjnej w systemach VTS i czy mogą jednocześnie wspomóc operatora systemu VTS w procesie doprecyzowania położenia statku przy wykorzystaniu więcej niż jednej stacji radarowej. Dla rozwiązania tego problemu przyjęto następującą hipotezę roboczą:

**Istnieje możliwość jednoczesnego wykorzystania obserwacji nawigacyjnych z kilku brzegowych stacji radarowych oraz zastosowanie współczesnych metod M - estymacji w celu uzyskania dokładniejszej pozycji jednostki pływającej w systemach VTS. W celu realizacji hipotezy roboczej za cel główny rozprawy przyjęto opracowanie metodyki wyznaczenia pozycji jednostki pływającej wykorzystując metody odpornej M-estymacji z jednoczesnych obserwacji z wielu brzegowych stacji radarowych pracujących w systemach VTS.**

Rozwój technologii spowodował, że współcześnie inaczej patrzymy na brzegowe stacje radarowe pod względem wykorzystania ich do określania precyzyjnej pozycji jednostek

plywających. Wysoka dokładność pomiarów powoduje, że można jednocześnie przetwarzać informacje z kilku radarów, a do estymacji pozycji jednostek pływających wykorzystać metody wyrównania współrzędnych położenia punktu stosowane w geodezji, lecz niewykorzystywane w nawigacji morskiej.

W pracy dokonano analizy znanych w geodezji klasycznych metod wyrównania i współczesnych metod M-estymacji. Określono, że najlepsze z punktu widzenia specyfiki nawigacji, jej dynamicznego charakteru, będzie wykorzystanie jednej z metod odpornej M - estymacji. Kluczowym zagadnieniem przy wykorzystaniu estymacji odpornej jest wybór odpowiedniej funkcji tłumienia. Przeanalizowano kilka najczęściej wykorzystywanych funkcji tłumienia, które zostały przedstawione w publikacjach, w rezultacie została wybrana duńska funkcja tłumienia jako ta, która w najlepszym stopniu uwzględnia specyfikę nawigacji morskiej, gdzie w dużym stopniu poprawia błędy grube i ogranicza ich wpływ na prowadzenie nakresu drogi statku.

W trakcie prowadzonych badań pojawił się problem jakości pozyskiwanych obserwacji z brzegowych stacji radarowych. Najczęściej wykonywanymi obserwacjami radarowymi są namiary i odległości. W przypadku określania namiaru radarowego dobra praktyka morska wskazuje, aby obserwacje wykonywane były do środka echa radarowego, co ma istotny wpływ na jakość ostatecznych wyznaczeń. Natomiast pomiar odległości, realizuje się do „najbliższej” krawędzi echa. Taka technika pomiaru w przypadku małych jednostek pływających nie jest obciążona dużym błędem, który w istotny sposób mógłby wpłynąć na ostateczne wyznaczenie. Sytuacja jest diametralnie różna w przypadku, gdy wiązka radarowa „dostarcza echo” od dużych i bardzo dużych jednostek pływających. Miejsce wykonanego pomiaru znacząco różni się od środka echa radarowego, co ma istotny wpływ na końcowe wyznaczenie współrzędnych pozycji statku na morzu. Dlatego też przedstawiono koncepcję poprawiania zmierzonej odległości i sprowadzania pomiaru do środka echa radarowego. Przyjęto uproszczony model echa statku jako bryłę będącą połączeniem prostokąta i połowy elipsy. Określono zależności matematyczne w funkcji kursu jednostki pływającej i linii namiaru na statek, które pomogły w rozwiązaniu tego problemu badawczego. Stworzona metodyka została poddana sprawdzeniu w oparciu o realne rejestracje wykonane w Centrum Bezpieczeństwa Morskiego Gdyńskiego Urzędu Morskiego.

W pracy przedstawiono także możliwość wykorzystania zaproponowanych w rozprawie rozwiązań w procedurach stosowanych na stanowiskach operatorów VTS. Włączenie ich do procedur aktualnie obowiązujących może zdecydowanie poprawić poziom bezpieczeństwa żeglugi na akwenach o dużym natężeniu ruchu. Opracowanie metodyki wykorzystującej metody M-estymacji i modelu matematycznego „poprawiania zmierzonej odległości”, oraz opisane algorytmy proponowane do implementacji w systemie VTS, pozwoliły opracować w trakcie przewodu doktorskiego aplikację NaviVTS, która może wspomóc pracę operatora systemu VTS.

Rozprawę kończą wnioski podsumowujące stopień realizacji hipotezy i celów określonych w rozprawie.