

Tadeusz Stupak  
Akademia Morska w Gdyni

Ryszard Wawruch  
Akademia Morska w Gdyni

## ZASADY MONITOROWANIA MORSKICH OBIEKTÓW O MAŁYCH PRĘDKOŚCIACH

**Streszczenie:** W referacie przedstawiono wyniki badań dokładności śledzenia radarowego i transmitowanych przez AIS danych statku stojącego na kotwicy. Na kotwicy statek zmienia swoje położenie w niewielkim zakresie i dlatego wyznaczenie jego parametrów jest trudne i mało dokładne.

**Słowa kluczowe:** transport morski, Systemu Automatycznej Identyfikacji Statków AIS, śledzenie radarowe

### WSTĘP

Statek obserwuje ruch innych jednostek wykorzystując radar lub obecnie odbierając dane od nich za pomocą Systemu Automatycznej Identyfikacji. Śledzenie radarowe ruchu echa jest zależne również od jego parametrów ruchu. Jeżeli echo przemieszcza się wolno, to zmiana jego położenia jest mała w porównaniu z dokładnością odwzorowania jego położenia na ekranie i możliwość wyznaczenia wektora ruchu jest zbyt mała dla podjęcia właściwych manewrów celem uniknięcia niebezpiecznych sytuacji. Podczas postoju statku na kotwicy, jeżeli działa na statek wiatr, lub również prąd, to powoduje zmiany położenia – łukowanie. Jeżeli to działanie dodatkowo spowoduje przesuwanie się statku razem z kotwicą-dragowanie, sytuacja jest niebezpieczna.

Bardzo istotną informacją z punktu widzenia bezpieczeństwa statku stojącego na kotwicy jest to czy kotwica utrzymuje swoją pozycję czy też nie. Podczas postoju w sąsiedztwie innych jednostek lub niebezpieczeństw nawigacyjnych, dragowanie może doprowadzić do kolizji z innym obiektem czy też osadzeniem statku na mieliźnie. Oficer pełniący wachtę kotwiczną zobowiązany jest do kontroli pozycji statku. Zjawiskiem normalnym jest względna zmiana położenia statku względem jego kotwicy w granicach okręgu zależnego od długości łańcucha i głębokości akwenu.

Praca została wykonana w ramach projektu Mnisi numer *R00 0026 06pn* realizowanego w latach 2008-2010.

# 1. ŚLEDZENIE RADAROWE

Urządzenie radarowe wyposażone w układy automatycznego śledzenia powinno wyznaczyć wstępne parametry ruchu echa w czasie 1 minuty, a po 3 minutach osiągnąć wymaganą dokładność. Wymagane dokładności parametrów śledzenia podano w Tabeli 1.

Tabela 1.

## Dokładności układu śledzącego (dla prawdopodobieństwa 95%) [2]

| Czas trwania procesu śledzenia | Kurs względny | Prędkość względna        | Odległość największego zbliżenia | Czas osiągnięcia odległości największego zbliżenia | Kurs rzeczywisty | Prędkość rzeczywista    |
|--------------------------------|---------------|--------------------------|----------------------------------|--|------------------|-------------------------|
| Minuty                         | Stopnie       | Węzły                    | Mile morskie                     | Minuty   | Stopnie          | Węzły                   |
| 1                              | 11            | 1,5 lub 10% <sup>1</sup> | 1,0                              | -  | -                | -                       |
| 3                              | 3             | 0,8 lub 1% <sup>1</sup>  | 0,3                              | 0,5  | 5                | 0,5 lub 1% <sup>1</sup> |

<sup>1</sup> Decyduje większa wartość

Jeżeli śledzone echo lub statek własny wykonywał manewr, ARPA powinna w czasie nie dłuższym niż 1 minuta pokazać tendencje ruchu ech śledzonych i wyświetlić w ciągu 3 minut przewidywany ich ruch z podaniem informacji o kursach i prędkościach rzeczywistych, jeżeli błędy danych wejściowych nie przekraczają dopuszczalnych wartości wymienionych w załącznikach nr III do Rezolucji IMO A.422(XI) i A.823(19). Wartości te nie są osiągalne, jeżeli obiekt jest nieruchomy, lub porusza się z małą prędkością. ARPA powinna wykrywać prędkości echa pomiędzy 1,5 a 3,0 węzły.

### 1.1. System Automatycznej Identyfikacji

System Automatycznej Identyfikacji służy do wymiany pomiędzy statkami i stacjami brzegowymi informacji służących bezpieczeństwu ruchu morskiego. Na falach VHF statki wysyłają automatycznie dane identyfikacyjne, dotyczące pozycji i wektora ruchu. Okres transmisji zależy od prędkości statku i wynosi od 3 minut do 2 sekund. Małe jednostki wysyłają dane w tym systemie co 3 min lub 30s. Informacje o pozycji i wektorze ruchu do systemu pobierane są z odbiornika nawigacyjnego systemu GPS, więc dokładność lokalizacji wynosi kilkanaście metrów, ale przy małych prędkościach wyznaczenie COG i SOG może być mało dokładne.

## 2. BADANIE STATKU

Dla zilustrowania problemów ze śledzeniem obiektów poruszających się z małymi prędkościami przedstawiano wyniki dwóch eksperymentów.

## 2.1. STATEK NA KOTWICY

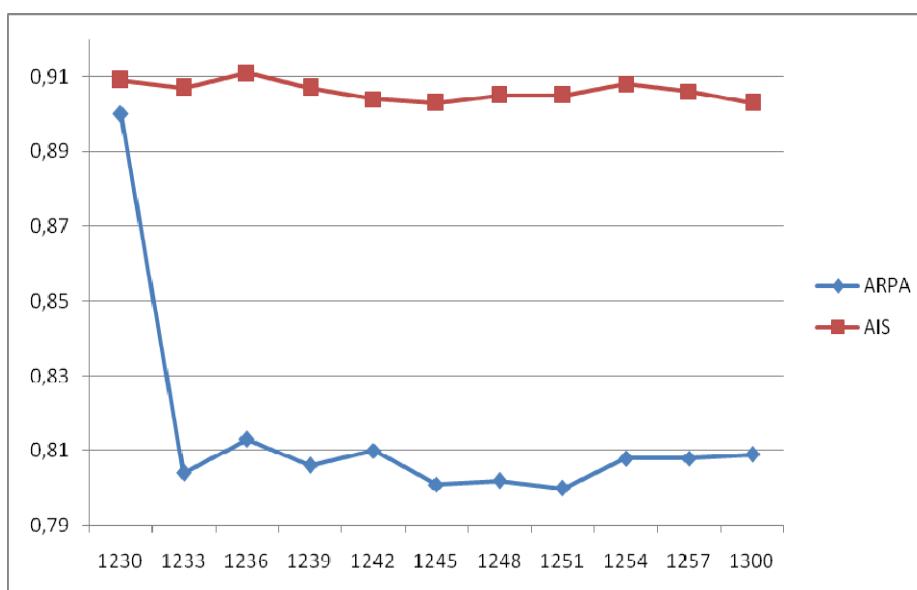
Badania prowadzone były na statku stojącym na kotwicy i obserwowano inny statek również stojący na kotwicy. Eksperyment przeprowadzono na kotwiczowisku w Fujayrah, w Omanie, podczas dobrej pogody. Wiatr wiał z prędkością 2,5m/s, co dla dużych statków biorących udział w badaniu nie powodowało żadnych zakłóceń ruchu. Badania zostały przeprowadzone zostały na statku m/t AMALIENBORG (duży zbiornikowiec), który stał na pozycji  $\varphi = 25^{\circ} 23,996'N$ ,  $\lambda = 056^{\circ} 40,128'E$ .

Do rejestracji danych wykorzystano urządzenia statkowe:

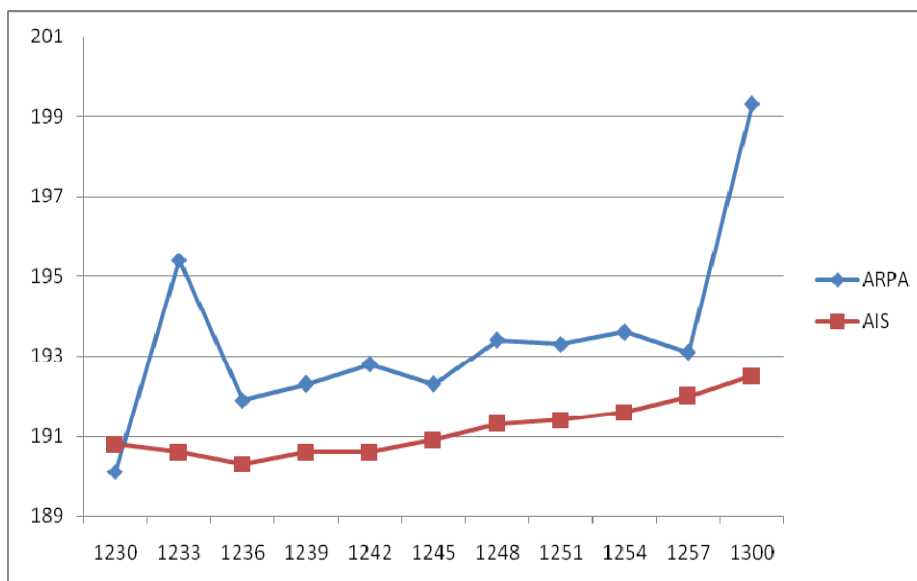
- ARPA FURUNO, typ FAR-2835;
- AIS FURUNO, typ FA-100.

Obserwowany był statek DUKHAN (zbiornikowiec) o długości 298 m. Podczas doświadczenia radar pracował na zakresie 3 Mm. Kurs żyrokompasowy statku własnego wynosił 007°, a prędkość nad dnem 0,1 węzła (działanie słabego prądu). Przechyły wynosiły 0°. Celem doświadczenia była analiza oraz porównanie wartości parametrów nawigacyjnych wskazywanych jednocześnie przez ARPA oraz AIS, podczas gdy, statek własny oraz statek obcy były na kotwicy, a badany obiekt znajdował się za rufą.

Na poniższych rysunkach przedstawiono dane otrzymywane za pomocą urządzenia AIS z obserwowanego statku i wyniki obliczeń radaru w tym samym czasie. Ponieważ statek stojący na kotwicy wysyła za pomocą Systemu Automatycznej Identyfikacji dane co 3 minuty, dane radarowe też zostały rejestrowane z tą częstotliwością. Na rys 1 okazano odległość do statku. Radar mierzy odległość do sygnału echa, czyli najmniejszą odległość do widocznej części kadłuba. Urządzenie AIS oblicza na podstawie współrzędnych wyznaczonych za pomocą odbiornika GPS odległość pomiędzy antenami odbiorników. Z tego wynika różnica wskazań około 0,1 mili morskiej, czyli około 200 m. Dokładność pomiarów GPS jest większa niż uzyskana za pomocą radaru, dlatego wahania pomiarów radarowych są większe.

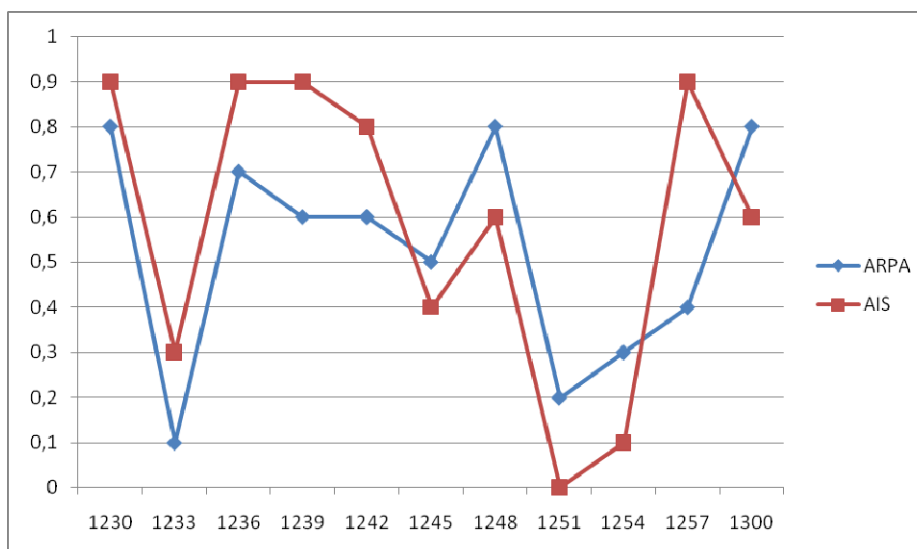


Rys. 1. Odległości pomiędzy statkami



Rys.2. Przebieg namiarów

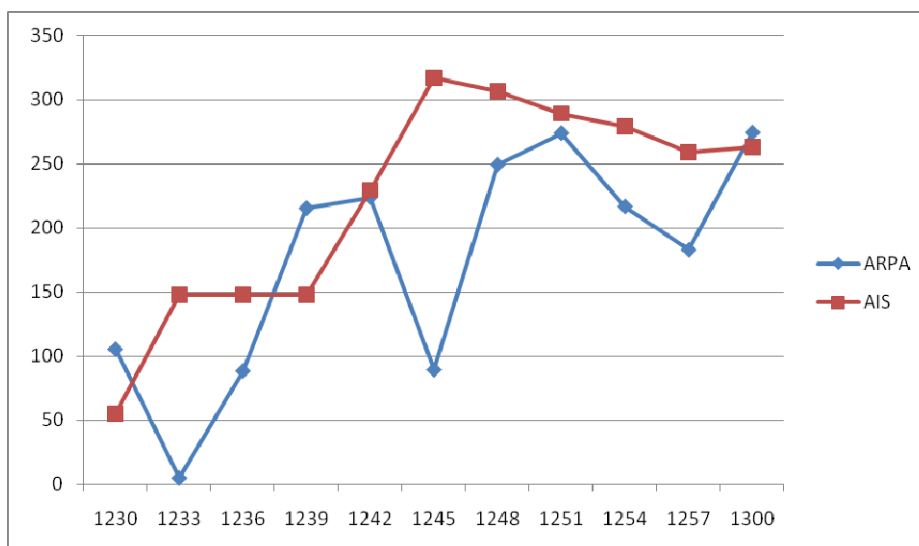
Wahania namiaru na echo są niewielkie (Rys. 2). W tej odległości pomiary AIS są oddalone od siebie o niecałe 50 m. Namiary wyznaczone przez układy śledzące wykazują większe różnice. Przy niewielkiej zmianie kąta padania sygnału radiolokacyjnego może znacznie zmienić się powierzchnia odbicia statku. Z tego powodu wahania namiarów uzyskanych za pomocą radaru są większe i dochodzą do 200 m, co mając na uwadze, że obiekty znajdują się w małej odległości (około 1,5 km) jest znaczące. Jednak dane szczególnie z AIS można uznać za prawie stałe, co odpowiada badanej sytuacji.



Rys.3. Przebieg zmian odległość największego zbliżenia

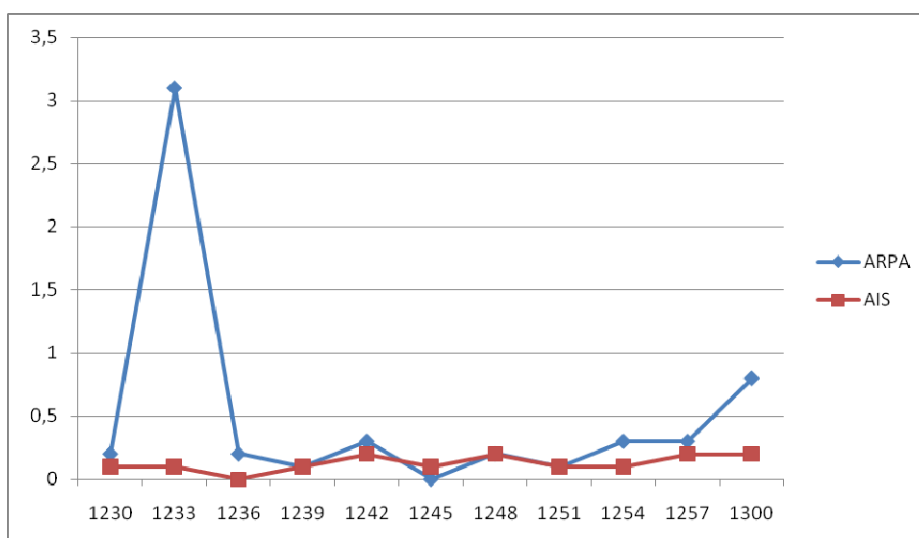
Dla oceny ryzyka kolizji bardzo ważnym parametrem jest odległość największego zbliżenia (Closest Point of Approach – CPA), czyli najmniejsza odległość mijania. Wyznaczana jest ona na podstawie obserwacji zmiany położenia echa na ekranie, lub

zmian współrzędnych, czyli obliczane są na podstawie danych pokazanych na wykresach z rys.1 i 2. Obliczenia wykonane na podstawie danych radarowych i AIS praktycznie nie dają żadnej odpowiedzi. Parametr ten zmienia się od zera do wartości równej odległości pomiędzy obiektami.



Rys. 4. Zmiany kursu i kierunku statku

Za pomocą radaru wyznaczamy kierunek statku, a w systemie GPS obliczany jest kurs nad dnem. Te wielkości mogą się różnić pomiędzy sobą ze względu na oddziaływanie znosu statku. Wyznaczony obydwoima metodami obserwowanego kurs statku zmienia się w bardzo dużych granicach i różnice wyznaczone dla tego samego momentu czasu wynoszą kilkadziesiąt stopni. Jest to bardzo nie dokładny wynik.



Rys. 5. Prędkość obiektu

Podczas pomiarów prędkość statku wynosiła zero. Wartości zmierzone są niewielkie. Wszystkie prezentowane parametry wyznaczone są z małą dokładnością.

Autorzy referatu podjęli również próbę odpowiedzi na pytanie czy informacje z systemu AIS wysyłane przez statek na kotwicy są wiarogodne.

## 2.2. Badanie radar - AIS

Pomiary przeprowadzone zostały we wrześniu 2009 r. podczas postojów statku szkolnego s/v „Dar Młodości” na kotwicy w portach Santander, Arkana, Sassnitz i Gdynia.

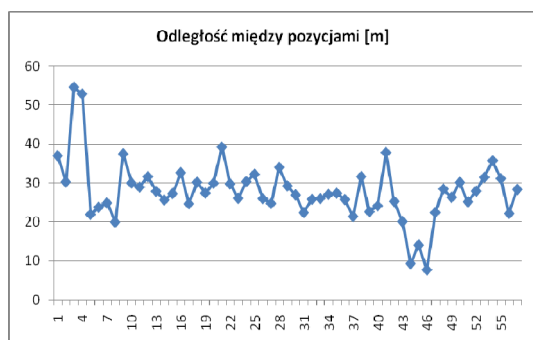
Pomiary polegały na jednoczesnej rejestracji wskazań odbiornika systemu GPS GP-92 KODEN oraz wiadomości odebranych za pośrednictwem odbiornika systemu AIS AIS2USB. Porównano dane wysyłane przez statek za pomocą urządzenia AIS uzyskane z odbiornika GPS z danymi innego odbiornika GPS na tym statku.

Informacje te zawierały:

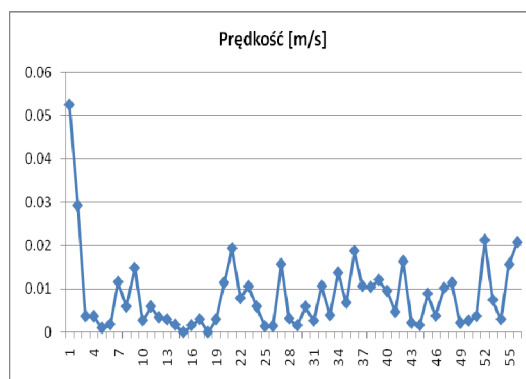
- czas UTC,
- pozycja geograficzna,
- kąt drogi nad dnem,
- prędkość nad dnem,
- kurs żyroskopowy.

AIS system AIS statku stojącego na kotwicy powinien wysyłać informacje w okresie 3 min, dlatego porównania odpowiednich parametrów dokonywane były dla momentów wystąpienia wiadomości systemu AIS. Anteny używanych do pomiarów odbiorników GPS znajdowały się w odległości 3.5 m od siebie.

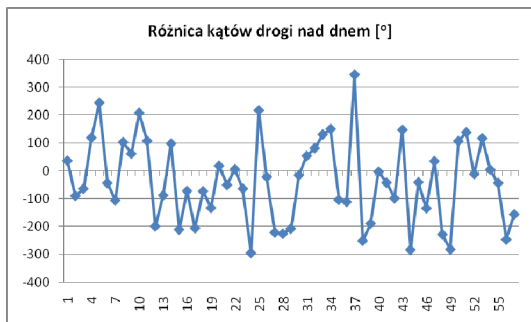
Wyniki zestawione zostały w formie wykresów liniowych. Poniżej (na rys. 6 - 9) prezentowane są wykresy dotyczące postoju na kotwiczowisku w Gdyni.



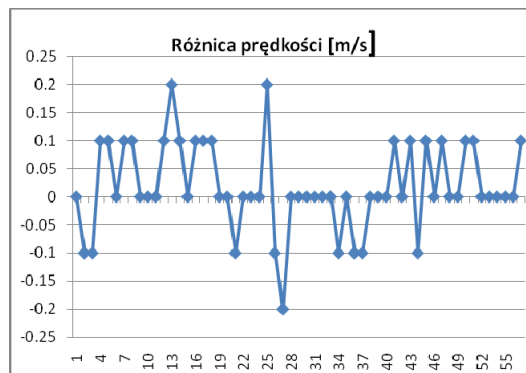
Rys. 6. Odległości pomiędzy pozycjami



Rys. 8. Rozkład prędkości



Rys. 7. Rozkład Kdd



Rys.9. Różnice prędkości

Rysunek 6 pokazuje odległości pomiędzy pozycjami statku odebranymi za pomocą AIS i określonymi przez odbiornik GPS wyznaczone w tym samym momencie czasu. AIS przyjmuje do bufora dane i wysyła ze znacznikiem czasu transmisji. Obydwa urządzenia określające pozycje pracowały w trybie GPS. Urządzenie AIS prezentuje pozycje z 4 miejscami po przecinku, czyli dokładność odczytu wynosi 2 m. Mając na uwadze dokładność wyznaczania pozycji przez odbiornik GPS, te pozycje powinny mieścić średnio się w okręgu o promieniu ok 30m i na wykresie odległości pomiędzy pozycjami są na poziomie 30-40 m, z wyjątkiem dwóch pozycji o większym błędzie.

Rys. 7 prezentuje różnice kątów drogi nad dnem pomiędzy GPS i AIS. Jest ona liczona dla kąta pełnego, dlatego wartość  $340^\circ$  oznacza różnicę  $20^\circ$ , ale w przeciwną stronę. Różnice te są duże i rozkład ich przypadkowy, co wynika z małej dokładności wyznaczania tego parametru przez odbiorniki GPS dla nieruchomego obiektu.

Rys 8 pokazuje rejestrowaną prędkość statku i widzimy, że statek nie przemieszcza się. Podczas silnego wiatru statek szybko łukuje i jego prędkość może wynosić kilka węzłów, ale to nie świadczy czy statek utrzymuje się na kotwicy czy też ją wlecze.

Rys 9 prezentuje różnicę prędkości rejestrowanej z pomocą AIS i GPS. Różnice te są niewielkie, ale to jest wynikiem bardzo małej prędkości statku, a nie dokładności i zgodności rejestracji.

Odstępy czasu pomiędzy odbieranymi depezbami powinny wynosić 180 s, a przerwy były czasem większe. Natężenie ruchu nie było tak duże, by system miał problemy z transmisjami. Jest to niestety spotykane zjawisko. W systemie AIS urządzenia powinny transmitować dane z określoną częstotliwością, ale nie wszystkie transmisje są odbierane, może to być spowodowane brakiem wolnych ramek czasowych (slotów) lub złą pracą stacji bazowej. Problem ten wymaga dalszych badań.

## WNIOSKI

Na podstawie powyższych danych można stwierdzić, że śledzenie radarowe i informacje z AIS nie dają dostatecznie dokładnych danych o położeniu statku stojącego na kotwicy, aby mogły zapewnić właściwe informacje do bezpiecznego ich omijania. Jedynie odległość od obiektu pozwala utrzymać statkowi manewrującemu bezpieczną

odległość do statku na kotwicy. Obydwa systemy ( AIS i ARPA) nie pozwalają wyznaczyć parametrów ruchu innego obiektu o małej prędkości.

Podczas postoju na kotwicy nie zarejestrowano prędkości 3 węzłów, co uniemożliwia odbiór danych z AIS częściej niż co 3 minuty. W rzeczywistości czasy pomiędzy kolejnymi wiadomościami wynosiły najczęściej 6 min.

Nie stwierdzono, aby odbiornik systemu AIS był wystarczającym źródłem informacji, na podstawie których operator VTS mógłby zauważyć dragowanie kotwicy. Śledzenie radarowe obiektów o małej prędkości i dane otrzymywane o nich z systemu AIS są mało dokładne.

### **Bibliografia**

1. Stupak T, Król A. Badanie statku na kotwicy za pomocą systemu AIS, Logistyka nr 6/
2. Wawruch „Uniwersalny statkowy system automatycznej identyfikacji (AIS)” Fundacja Rozwoju WSM, Gdynia 2002

### **PRINCIPLE OF SMALL MARINE OBJECTS MONITORING**

**Abstract:** The results of experiments about radar tracking ship on the anchor and comparison with data received from this ship by Automatic Identification System are presented in the article. Ship on the anchor is changed her position in small area and result of it is problem with plotting ship's position, course and speed and its low accuracy.

**Keywords:** Maritime transport, Automatic Identification System, radar tracking