

Jerzy PYRCHLA<sup>1</sup>, Marek PRZYBORSKI<sup>1</sup>

## Bezzałogowa platforma pływająca jako element bezpieczeństwa w systemie żeglugi śródlądowej<sup>2</sup>

### 1. WSTĘP

Doświadczenia z przebiegu współczesnych konfliktów zbrojnych wskazują, iż ciężar działań sił morskich przesunął się w znacznej mierze w rejony przybrzeżne i śródlądowe. Charakter tych działań również uległ zasadniczym zmianom obecnie przede wszystkim mamy do czynienia z tzw. zagrożeniami asymetrycznymi, których formami mogą być np.: terroryzm, czy też piractwo. W świetle nowych zagrożeń należy również baczniej przyjrzeć się kwestii bezpieczeństwa śródlądowych szlaków żeglugowych, szczególnie gdy są zlokalizowane w rejonach przygranicznych. Zadania jakie są stawiane przed takimi służbami państwowymi jak Straż Graniczna wymagają stosowania zupełnie innych środków, które będą w stanie sprostać nowym zagrożeniom takim jak wspomniane działania asymetryczne, nielegalna emigracja czy też działania przemytnicze. Do wykonywania tego typu zadań doskonale nadają się bezzałogowe platformy pływające.

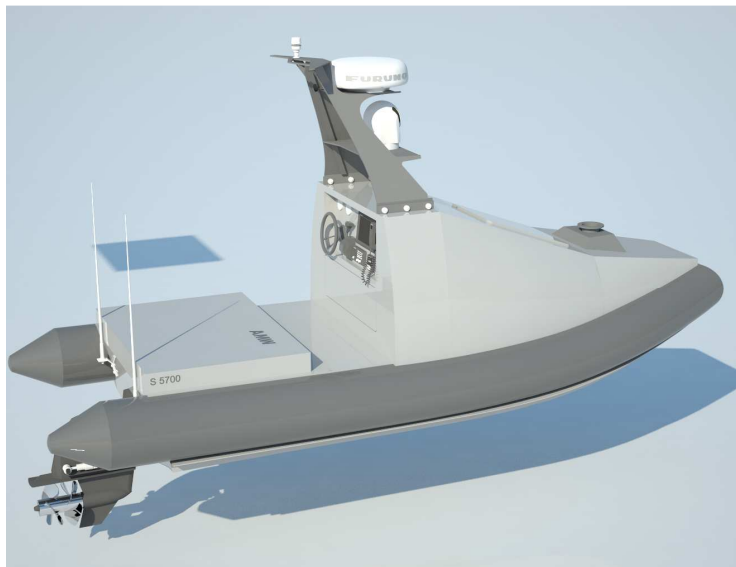
Ponadto tory wodne o znacznym natężeniu ruchu umożliwiają potencjalnemu przeciwnikowi maskowanie się wśród cywilnych jednostek pływających realizujących swoje rutynowe przedsięwzięcia, zwiększa to nasycenie tła dużą liczbą obiektów. Szlaki wodne usytuowane na rzekach są szczególnie trudnymi rejonami z punktu widzenia bezpieczeństwa, stąd też jest to doskonałe miejsce do wykorzystania floty jednostek bezzałogowych. Przedsięwzięciem o znaczeniu pierwszoplanowym jest stworzenie systemu rozpoznania sytuacji w obrębie polskich śródlądowych torów wodnych. Doskonałym przykładem takiego systemu może być RIS.

<sup>1</sup> Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte w Gdyni

<sup>2</sup> Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2009 – 2011 jako projekt badawczy-rozwojowy.

## 2. POLSKI BEZZAŁOGOWY POJAZD NAWODNY

Prace nad opracowaniem założeń dla bezzałogowego pojazdu nawodnego zostały zapoczątkowane w 2008 roku. Wykonano przedsięwzięcia realizowane przez służby państwowe jak i zadania militarne wykonywane na potrzeby Marynarkę Wojenną RP, które mogą być powierzone do realizacji bezzałogowym pojazdom nawodnym. W oparciu o dokonaną analizę wybrane zostały podstawowe parametry konstrukcji platformy oraz wymienione moduły w jakie powinna być dodatkowo wyposażona platforma przy realizacji określonych zadań. Efektem końcowym realizacji prac wstępnych opracowano podstawowe parametry dla bezzałogowego pojazdu nawodnego, które osiągnięto realizując projekt. Zaprojektowano pojazd umożliwiający realizowanie różnych, często wysoko specjalizowanych zadań. Konstrukcje oparto o 5,7 metrowy sztywny kadłub RIB<sup>3</sup>.



Rys. 1. Bezzałogowy pojazd nawodny - koncepcja

Pojazd charakteryzuje się następującymi parametrami:

- ⇒ długość kadłuba jednostki – 5,7 m;
- ⇒ ładowność – 1 tona;
- ⇒ możliwość przewozu 4 osób;
- ⇒ prędkość – 34 w;
- ⇒ waga pojazdu – 1,5 tony;
- ⇒ autonomiczność – 7 ÷ 30 godzin.

Wybrane parametry osiągnięte były w zależności od prędkości pływania, stanu morza w jakim przeprowadzano próby i załadowania pojazdu. Budując prototyp pojazdu starano się

<sup>3</sup> RIB (Rigid Inflatable Boat) łódź hybrydowa o sztywnym kadłubie.

aby umożliwić wymianę modułów – w zależności od przewidywanych zadań. Pojazd został dodatkowo wyposażony w sprzęt umożliwiający sterowanie ręczne. Zastosowanie tego typu rozwiązania wynikało z braku doświadczeń w eksploatacji bezzałogowych jednostek nawodnych. Pierwsze próby musiały być wykonane pod nadzorem sternika będącego na pokładzie łodzi. Sternik w każdym momencie mógł przejąć kontrolę nad pojazdem.

Osprzęt nawigacyjny jednostki stanowi sprzęt firmy Furuno. Prowadząc rozpoznanie rynku po wyspecyfikowaniu urządzeń nawigacyjnych w które powinna być wyposażona jednostka okazało się, że Polski przemysł nie produkuje takich urządzeń. Jest to poważnym utrudnieniem w realizacji takiego projektu. Firmy produkują zintegrowane systemy, które współpracują z urządzeniami wytwarzanymi w ich fabrykach. Protokoły komunikacyjne pomiędzy urządzeniami nie są udostępniane. Firmy nie są zainteresowane wytwarzaniem innych urządzeń chociażby pojazdów bezzałogowych. Rozwiązanie tego problemu oparto o oprogramowanie deklarowane dla poszczególnych urządzeń. Trudność tego zadania obrazuje ilość systemów w które pojazd został wyposażony:

- ⇒ system nawigacyjny:
  - ✓ GPS;
  - ✓ kompas elektroniczny;
  - ✓ radar (z ARPA);
  - ✓ autopilot;
  - ✓ sonda;
  - ✓ ploter;
  - ✓ mapa elektroniczna;
  - ✓ log.
- ⇒ system śledzenia i zobrazowania pozycji platformy na akwencie wodnym;
- ⇒ system zdalnego sterowania pracą silnika i steru;
- ⇒ system sterowania urządzeniami nawigacyjnymi, obserwacji technicznej oraz sensorami i czujnikami zainstalowanymi na platformie;
- ⇒ system zobrazowania parametrów pracy urządzeń;
- ⇒ system zasilania w energię;
- ⇒ system obserwacji:
  - ✓ kamera (dzień/noc) sprzężona z laserowym miernikiem odległości;
  - ✓ kamera panoramiczna do obserwacji okrężnej;
  - ✓ sonar;

- ⇒ system sensorów
  - ✓ chemicznych;
  - ✓ meteorologicznych.
- ⇒ system łączności,
  - ✓ transmisji obrazów,
  - ✓ łączności głosowej,
  - ✓ transmisji sygnałów sterujących,
  - ✓ transmisji danych z sensorów.



Rys. 2. Maszt z rozmieszczeniem urządzeń nawigacyjnych i optoelektronicznych

Złożoność problemów i mnogość czynników które należy uwzględnić w czasie działań bezałogowych pojazdów nawodnych powoduje, że tworzenie zintegrowanego systemu wymaga jednoczesnego opracowaniem i wdrożenia nowoczesnych narzędzi informatycznego wsparcia procesu dowodzenia pojazdem jak również dedykowanych do interpretacji gromadzonych przez łódź danych. W odniesieniu do operacyjno-taktycznych aspektów systemu oznaczałoby to między innymi ułatwienie dostępu do wszelkich niezbędnych danych i informacji osobom odpowiedzialnym za poszczególne zadania, oraz o usprawnienie przepływu i synchronizację informacji między poszczególnymi systemami. Ponadto, w związku z możliwym niejawnym charakterem danych wykorzystywanych przy planowaniu działań oraz informacji przekazywanych pomiędzy jednostką a stanowiskiem kierowania, zintegrowany system musi zapewniać ochronę dostępu do danych niejawnych tylko osobom dysponującym odpowiednimi uprawnieniami.

Powyższe dwie przeciwstawne potrzeby wymagają dużej skrupulatności, precyzji podczas realizacji projektu, by uczynić narzędzia wsparcia informatycznego — zwłaszcza bazy danych i systemy komunikacji — z jednej strony otwartymi a z drugiej zaś bezpiecznymi. Wymaga to zastosowania odpowiednich nowoczesnych technologii informatycznych, uwzględniających konieczność przesyłania informacji.



**Rys. 3. Próby w morzu bezzałogowego pojazdu nawodnego**



**Rys. 4. Próby w morzu bezzałogowego pojazdu nawodnego.**

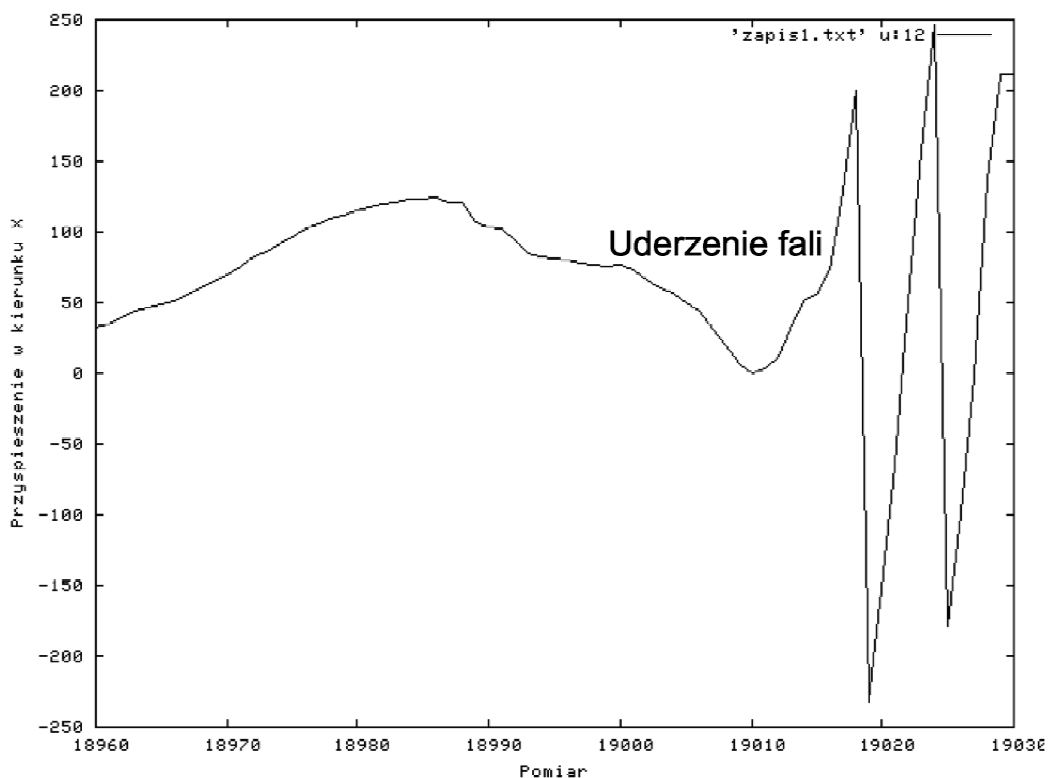
Bezzałogowe pojazdy nawodne charakteryzują się szerokim spektrum wykonywanych zadań. W wielu przypadkach poprzez wykonywanie zadań w których pojazdy załogowe nie mogły być użyte ze względu na bardzo niebezpieczne warunki, udowodniły one swoją naturalną zdolność do redukcji ryzyka zagrożenia życia załóg. Miniaturyzacja sensorów, urządzeń elektronicznych oraz sprzętu łączności, umożliwia zmniejszenie masy ładunku i znaczący wzrost możliwości zbierania danych przez bezzałogowe pojazdy nawodne. Dotyczy to kamer wideo i cyfrowych, radarów, sonarów czujników IR i EO. Oznacza to, że większość USV może prowadzić rozpoznanie, obserwację i działania wywiadowcze. W celu zapewnienia bezpieczeństwa państwa USV mogą być użyte w celu monitorowania przestrzegania prawa i układów międzynarodowych, interwencji, zwalczania piractwa, przemytu narkotyków i innych materiałów.

### **3. INTEGRACJA POZYSKIWANYCH DANYCH**

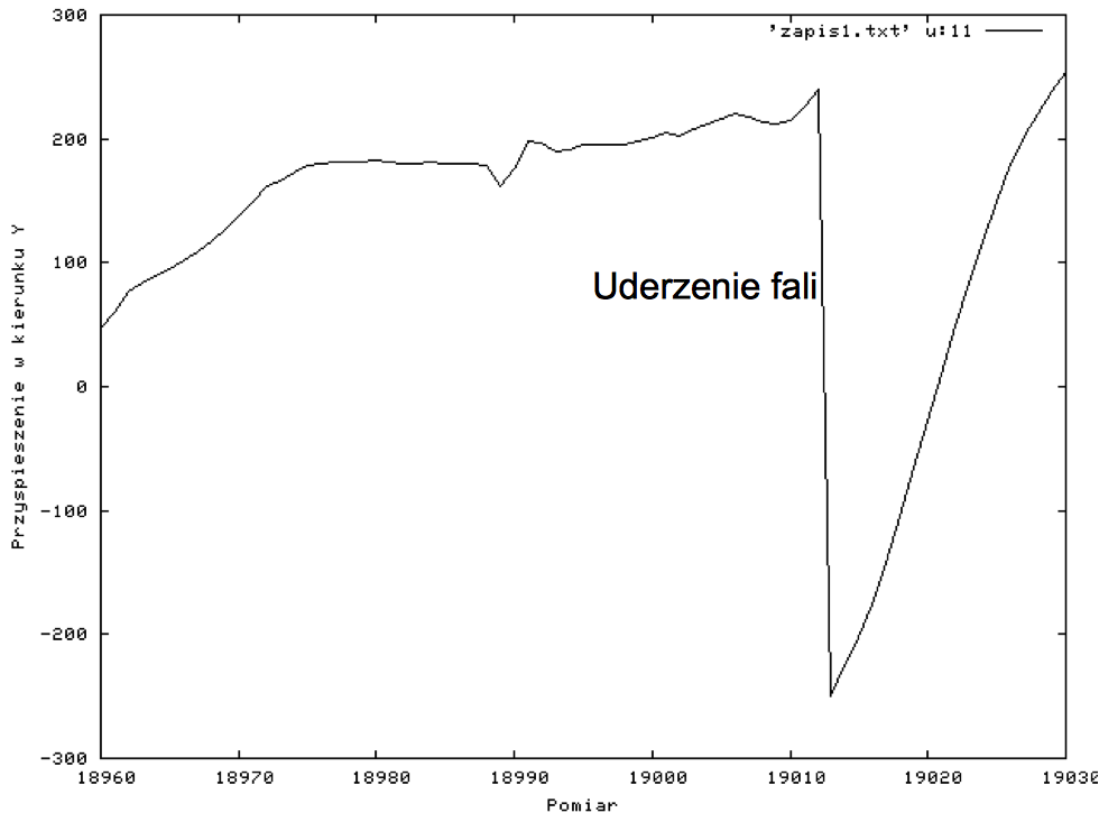
Przy planowaniu trasy przemieszczania się autonomicznego pojazdu nawodnego niezmiernie istotną rolę odgrywa znajomość warunków środowiskowych. W przypadku pojazdów lądowych biorących udział w wyścigach Grand Challenge, które były organizowane przez amerykańską agencję DARPA (Agencja Zaawansowanych Projektów Obronnych) istotną rolę odgrywał cyfrowy model terenu. Wyścigi te były pierwszą próbą powierzenia kierowania pojazdem komputerom. Pierwszy tego typu wyścig odbył się na pustyni, natomiast ostatni stanowił najpoważniejsze wyzwanie ponieważ zakładał że roboty muszą poradzić sobie w miejskim ruchu samochodowym.

W pierwszej edycji wyścig rozgrywał się na pustyni gdzie warunki atmosferyczne nieustannie zmieniają krajobraz stąd też konieczność modyfikowania wizerunku terenu. Realizowane było to poprzez skanowanie laserowe, dalmierze, kamery cyfrowe oraz radary. Dopiero fuzja tych obrazów w jeden dawała pełny obraz sytuacji w rejonie poruszania się pojazdu. W przypadku środowiska morskiego czy też ogólniej wodnego można by pozornie stwierdzić że sytuacja jest zdecydowanie prostsza ponieważ widoczność jest dobra, nic jej nie ogranicza nie ma wybojów ani rowów do których łódź mogłaby wpaść itp. Jest to złudny spokój, zmiana warunków w rejonie może nastąpić bardzo szybko i to samo środowisko może wówczas być głównym problemem dla poruszającej się łodzi. Człowiek kierując łodzią jest w stanie na podstawie doświadczenia tak dobierać kurs i prędkość aby bezpiecznie omijać zmieniające się warunki na akwenu, w związku z czym powstaje pytanie w jaki sposób zaimplementować tę zdolność człowieka maszynie?

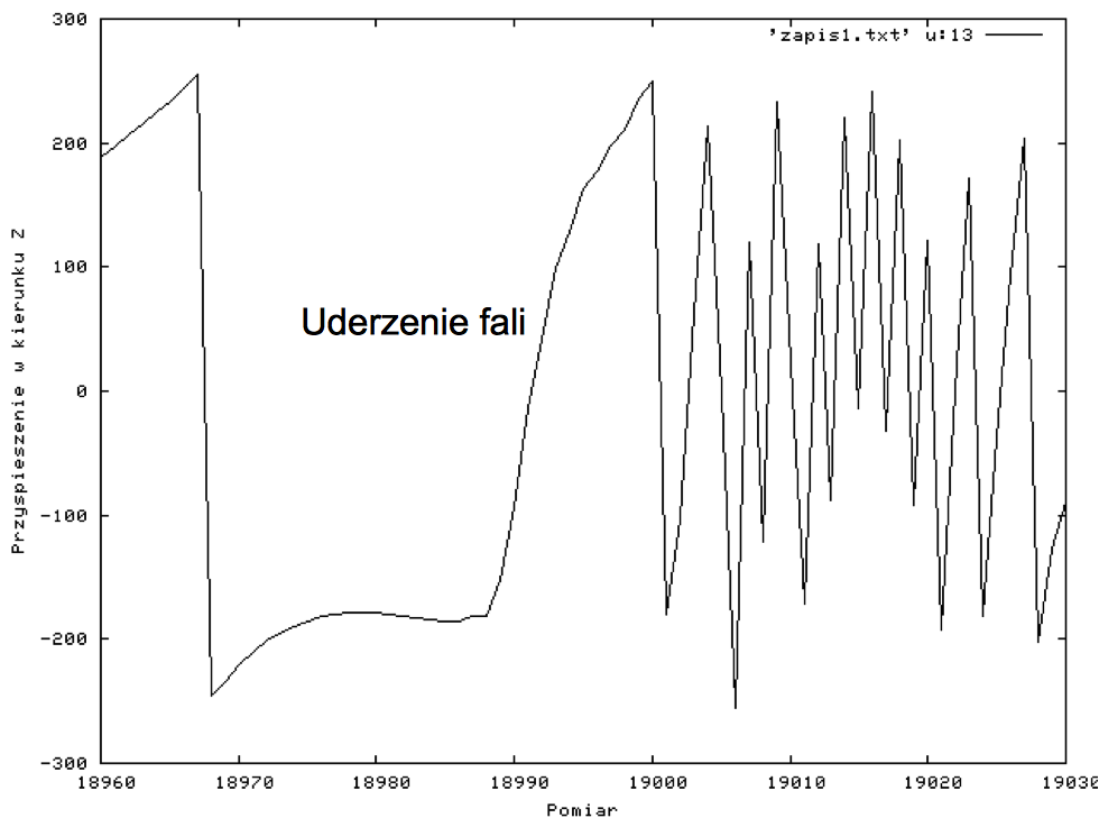
Problemem jest również odpowiednik morskiego cyfrowego modelu terenu. Nie istnieją przestrzenne modele falowania, które w każdej chwili może ulec intensyfikacji lub też zanikowi, czy istnieje zatem możliwość odwzorowania zachowania powierzchni morza tak aby można było wykorzystać to do usprawnienia procesu sterowania autonomiczną łodzią? Nasz zespół prowadzi badania w dwóch kierunkach po pierwsze, w kierunku wykorzystania systemów LIDAR-owych do odtworzenia stanu morza otaczającego łódź oraz aby wykorzystać półprzewodnikowe czujniki przyspieszenia do rejestrowania dynamiki ruchu łodzi i do wykorzystania tych danych w procesie ostrzegania systemu zarządzającego łodzią przed zbliżającą się falą. Wyposażenie autonomicznej łodzi w „elektroniczny zmysł“ umożliwiający ostrzeganie ją przed nadchodzącą falą jest jednym z kilku obrazów (informacji) które są zbierane a następnie scalane w jeden spójny obraz rzeczywistości otaczającej poruszającą się łódź. Poniższe wykresy reprezentują sytuację kiedy to łódź po opuszczeniu portu wychodzi na zatokę natomiast czujniki przyspieszenia wykrywają nadchodzącą falę.



Rys. 5. Przyspieszenia zarejestrowane w kierunku osi X wraz z momentem uderzenia fali



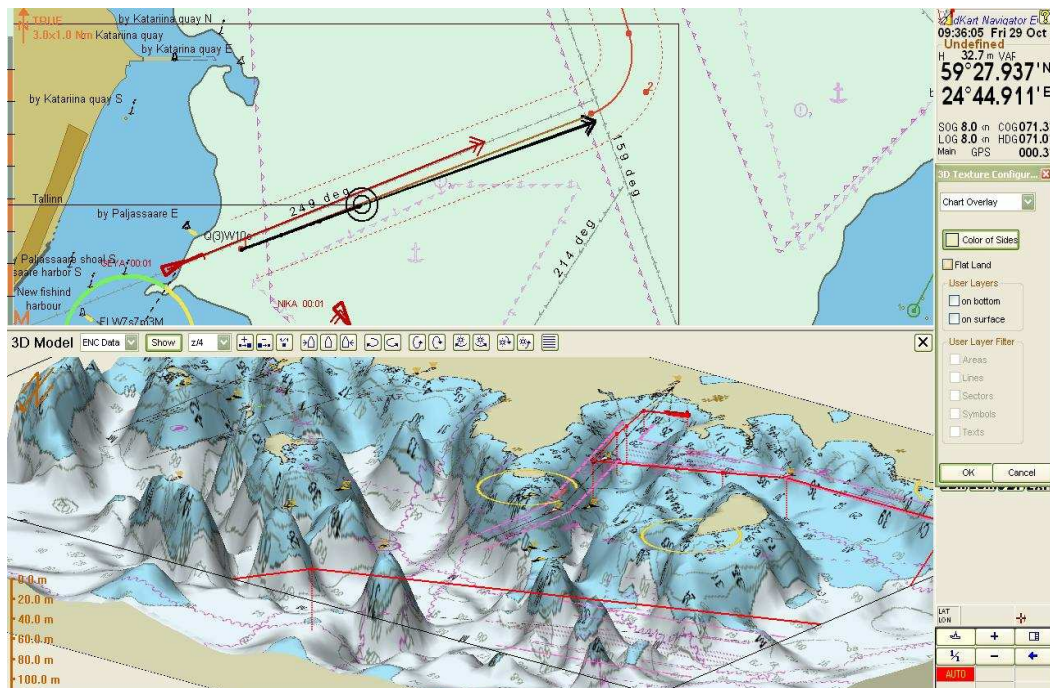
Rys. 6. Przyspieszenia w kierunku osi Y wraz z momentem uderzenia fali



Rys. 7. Przyspieszenia w kierunku osi Z wraz z momentem uderzenia fali



Kolejnym źródłem informacji nad którym prowadzone są prace jest wykorzystanie lidaru do odtworzenia sytuacji na powierzchni morza w czasie rzeczywistym. Tego typu informacja w połączeniu z danymi z kamer wizyjnych oraz systemów radarowych umożliwiłoby stworzenie odpowiednika cyfrowego modelu powierzchni morza czasu rzeczywistego. Wzbogacenie tego obrazu o informację antykolizyjną z sytemu ARPA dałoby możliwość bezpiecznego nawigowania łodzi po nawet bardzo skomplikowanym pod względem nawigacyjnym rejonie jakim jest reda portu oraz kanały portowe.



Rys. 8. Przykład informacji otrzymywanej z systemu ECDIS

Planowanie działań bezzałogowych łodzi nawodnych wymaga stosowania bardzo precyzyjnych systemów informacji przestrzennej, najlepiej wzbogaconych o dodatkową informację środowiskową, która może mieć kluczowe znaczenie dla powodzenia operacji. Wykorzystanie informacji środowiskowej mogłoby doskonale uzupełniać systemy RIS i dawać im szersze możliwości. Na dzień dzisiejszy morze czy też śródlądowe szlaki wodne nie są wykorzystywane tylko do nawigacji w sensie przemieszczania się z punktu do punktu. Coraz częściej mamy do czynienia ze specjalistycznymi zadaniami jak prace nurkowe, badania naukowe, służby ratownicze oraz wykorzystanie rekreacyjne zasobów wodnych. Posiadanie rozszerzonych danych opisujących sytuację w akwenie w którym mamy zamiar się poruszać mogłoby w sposób znaczący wpłynąć na poziom bezpieczeństwa. Próba rozwiązania ważnego problemu z punktu bezpieczeństwa czyli prezentacji na wspólnym wskaźniku: informacji kolizyjnej, informacji pozycyjnej batymetrycznej oraz infrastruktury lądowej zyskałoby nowy wymiar.

#### 4. PODSUMOWANIE

Literatura specjalistyczna, jaka jest poświęcona uwzględnianiu informacji środowiskowej w trakcie planowania akcji z wykorzystaniem bezzałogowych platform pływających jest znikoma i nie dotyczy warunków nawigacyjnych Morza Bałtyckiego oraz śródlądowych torów żeglugowych.

W niniejszej pracy staraliśmy się wykazać, że właściwym sposobem radzenia sobie z brakiem precyzji danych spotykanym w procesie planowania działań operacyjnych szczególnie w rejonie wód śródlądowych jest odwołanie się do informacji środowiskowej pozyskiwanej np. z systemów typu RIS. Przedstawiliśmy sposoby jakie wykorzystujemy do pozyskiwania niezbędnych dla nas danych środowiskowych (podczas planowania działań na morzu) oraz metody ich praktycznego wykorzystania. Na przykładzie opracowywanej przez nas bezzałogowej platformy pływającej pokazaliśmy, iż tego typu dane są niezbędne gdy zaczynamy wykorzystywać je do realizacji zadań operacyjnych w strefie przybrzeżnej i śródlądowej przez pojazdy bezzałogowe.

#### **BEZZAŁOGOWA PLATFORMA PŁYWAJĄCA JAKO ELEMENT BEZPIECZEŃSTWA W SYSTEMIE ŻEGLUGI ŚRÓDLĄDOWEJ**

##### **Streszczenie**

Zaawansowane technologicznie bezzałogowe pojazdy nawodne znalazły zastosowanie do wykonywania wielu różnorodnych zadań. Począwszy od typowo militarnych i morskich do zadań patrolowych i obserwacyjnych na śródlądowych szlakach wodnych. Podstawowym źródłem informacji które muszą autonomicznie analizować i uwzględniać w procesie decyzyjnym są środowiskowe dane geoinformacyjne. Artykuł przedstawia polską nawodną platformę bezzałogową. Koncentruje się wokół problemów związanych z integracją systemu sterowania pojazdu i systemu informacji geograficznej środowiska w którym będzie się poruszać. Przedstawiono wyniki badań nad tym zagadnieniem wykonane w ramach projektu rozwojowego nr O R00 0004 07 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

#### **UNMANNED SURFACE VEHICLE AS AN ELEMENT OF SECURITY SYSTEM IN THE RIVER TRANSPORTATION SYSTEM**

##### **Abstract**

The advanced technology unmanned surface vehicles are use in many different situations. Starting form typical military and naval tasks to the patrol and reconaissance tasks in the systems of river waterways. The main source of information in the proces of controlling the boat are geoinformatics data. We would like to present the results of our work on the first Polish unmanned surface vehicle, we would like to focus on the process of integration of boat's controlling system and the GIS systems, necessary to plan the boat's missions. The work has been supported by the Ministry of Science as a grant no O R00 0004 07.

**LITERATURA:**

- [1] Kitowski Z., Przyborski M., Pyrchla J., Pair dispersion in natural turbulence flow: Polish Journal of Environmental Studies vol.17, No. 3c, str. 41-44, 2008
- [2] Przyborski M., Badanie dyspersji małych obiektów dla potrzeb morskich systemów geoinformatycznych: V Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe „Geoinformacja obrazowa w świetle aktualnych potrzeb”, str. 6, 2008
- [3] Przyborski M., Pyrchla J., Reliability of the Navigational Data. Proc. of the International IIS: IIPWM' 03 Conference held in Zakopane, Springer Verlag Series on Advances in Soft Computing, 2003
- [4] Pyrchla J., Fuzzy function of accuracy of visual navigational observation. Polish Journal of Environmental Studies, 2005
- [5] Pyrchla J., The Utility of Fuzzy Set Theory for Locating Sea Accidents, Geodezja i Kartografia nr 4, 2001
- [6] Pyrchla J., Zbiory rozmyte w teorii lokalizacji wypadków morskich. Wybrane zagadnienia. Wyd. J. Pyrchla, 2002