

**ŚRODOWISKOWY SYSTEM INFORMACJI  
GEOGRAFICZNEJ ELEMENTEM ZABEZPIECZENIA  
DZIAŁAŃ OPERACYJNYCH  
W STREFIE PRZYBRZEŻNEJ\***

ENVIRONMENTAL GIS AS AN ELEMENT SECURING  
OPERATIONAL ACTIVITIES IN COASTAL ZONE

**Jerzy Pyrchla, Marek Przyborski**

Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia

**Słowa kluczowe: bezzałogowe pojazdy nawodne, hydrodynamiczne modele, predykcja zjawisk hydrodynamicznych, modelowanie matematyczne**

Keywords: unmanned surface vehicle, hydro-dynamical models, prediction of hydrodynamic phenomena, mathematical modeling

## Wstęp

Na skutek rozpadu dwubiegunowego świata, znaczenie morza otwartego jako głównego teatru działań wojennych zmniejszyło się. Doświadczenia z przebiegu współczesnych wojen i konfliktów lokalnych wskazują, iż ciężar działań sił morskich przesunął się w znacznej mierze w rejony przybrzeżne (litoralne – *littoral waters*). Spowodowane jest to zarówno przez względy operacyjne, propagandowe, jak i ekonomiczne, a przede wszystkim fakt, iż w większości przypadków efektywność wykorzystania sił morskich rośnie proporcjonalnie do zbliżania się do wybrzeża w ramach projekcji siły z morza na ląd (Morse, Kimball, 1998; IAMSAR II, 2007).

W aspekcie zasięgu środków walki przeciwnika asymetrycznego można przyjąć granicę rejonów litoralnych do maksymalnie kilku-kilkunastu mil morskich, gdzie wskazane i możliwe będzie zastosowanie bezzałogowych platform pływających.

Analizując zaistniałe przypadki ataków przeciwnika asymetrycznego na obiekty nawodne należy stwierdzić, iż jego oddziaływanie odbywa się za pomocą następujących środków walki:

---

\* Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2009–2011 jako projekt badawczo-rozwojowy.

- z lądu – przeciwpancerne kierowane pociski raketowe, niekierowane pociski raketowe, moździerce, armaty małokalibrowe oraz ciężka broń maszynowa;
- z morza – samobójcze motorówki lub małe jednostki (w tym rybackie, rekreacyjne).

Prowadzenie działań przez siły morskie w rejonach litoralnych stwarza dla nich wiele zagrożeń oraz ograniczeń. Ponadto tory wodne i korytarze powietrzne o znacznym natężeniu ruchu umożliwiają potencjalnemu przeciwnikowi maskowanie się wśród cywilnych jednostek pływających lub statków powietrznych realizujących swoje rutynowe przedsięwzięcia, co zwiększa nasycenie tła dużą liczbą obiektów w porównaniu z otwartym morzem. Przede wszystkim znacząco skraca się czas reakcji na zagrożenia oraz występują ograniczone możliwości manewrowania, szczególnie w odniesieniu do dobrze rozwiniętej linii brzegowej (wyspy, zatoki, szkiery itp.). Istnieje tym samym znaczne ryzyko strat, a więc pod względem ekonomicznym oraz propagandowym wskazane jest wykorzystanie bezzałogowych platform pływających.

Przedsięwzięciem o znaczeniu pierwszoplanowym jest stworzenie systemu rozeznania sytuacji w obrębie polskich obszarów morskich. Zaliczyć tu możemy monitorowanie statków stanowiących zagrożenie dla żeglugi, bezpieczeństwa morskiego i środowiska, działania związane z akcjami kryzysowymi oraz wypadkami lub katastrofami na morzu, monitorowanie portów itp.

## Polski bezzałogowy pojazd nawodny

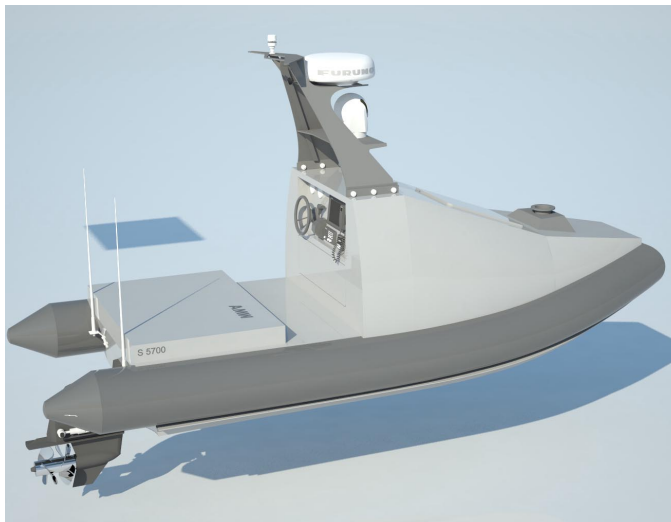
Prace nad opracowaniem założeń dla bezzałogowego pojazdu nawodnego (*Unmanned Surface Vehicle – USV*) zostały zapoczątkowane w 2008 roku. Wykonano przedsięwzięcia realizowane przez służby państwowe, jak i zadania militarne wykonywane na potrzeby Marynarki Wojennej RP, które mogą być powierzone do realizacji 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 prac wstępnych projektu było opracowanie podstawowych parametrów dla bezzałogowego pojazdu nawodnego. Osiągnięto pojazd (rys. 1) umożliwiający realizowanie różnych, często wysoko specjalizowanych zadań. Konstrukcję oparto o 5,7 metrowy sztywny kadłub RIB (*Rigid Inflatable Boat* – łódź hybrydowa o sztywnym kadłubie).

Pojazd charakteryzuje się następującymi parametrami:

- długość kadłuba jednostki – 5,7 m,
- ładowność – 1,2 tony,
- 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 wykonano go tak, aby umożliwiał wymianę modułów – w zależności od przewidywanych zadań. Dodatkowo pojazd wyposażono w sprzęt umożliwiający sterowanie ręczne. Brak doświadczeń w eksploatacji tego typu jednostek nawodnych wymusił wykonanie takiej instalacji. Pierwsze próby musiały być wykonane pod nadzorem sternika będącego na pokładzie łodzi. Sternik w każdym momencie mógł przejąć kontrolę nad pojazdem.

**Rys. 1.** Projekt polskiego bezzałogowego pojazdu nawodnego  
(źródło: dokumentacja projektu rozwojowego nr O R00 0004 07, w którym autorzy są wykonawcami)



Po wyspecyfikowaniu urządzeń nawigacyjnych, w które powinna być wyposażona jednostka okazało się, że polski przemysł nie produkuje takich urządzeń. Po rozpoznaniu rynku zastosowano osprzęt nawigacyjny jednostki firmy Furuno. Stanowi to poważne utrudnienie w realizacji takiego projektu. Firmy produkują zintegrowane systemy, które współpracują z urządzeniami wytwarzanymi w ich fabrykach. Protokoły komunikacyjne pomiędzy urządzeniami nie są udostępniane. Firma nie jest zainteresowana wytwarzaniem np. pojazdów bezzałogowych. Rozwiązanie tego problemu musiano szukać poprzez software deklarowany dla poszczególnych urządzeń. Trudność tego zadania obrazuje liczba systemów, w które pojazd został wyposażony (rys. 2):

- system nawigacyjny – GPS; kompas elektroniczny; radar z automatycznym śledzeniem echa; autopilot; sonda; ploter; mapa elektroniczna; log;
- system śledzenia i zobrazowania pozycji platformy na akwenu wodnym;
- system zdalnego sterowania pracą silnika i steru;
- system sterowania urządzeniami nawigacyjnymi, obserwacji technicznej oraz sensorami i czujnikami zainstalowanymi na platformie;



**Rys. 2.** Projekt masztu z rozmieszczeniem urządzeń bezzałogowego pojazdu nawodnego

- 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.

Złożoność problemów i mnogość czynników, które należy uwzględnić w czasie działań bezzałogowych pojazdów nawodnych powoduje, że tworzenie zintegrowanego systemu wymaga jednoczesnego opracowania i wdrożenia nowoczesnych narzędzi informatycznego wsparcia procesu dowodzenia. Po pierwsze, w odniesieniu do operacyjno-taktycznych aspektów systemu, oznaczałoby to m.in. ułatwienie dostępu do wszelkich niezbędnych danych i informacji osobom odpowiedzialnym za poszczególne zadania oraz usprawnienie przepływu i synchronizację informacji między poszczególnymi systemami. Po drugie, w związku z niejawnym charakterem danych wykorzystywanych przy planowaniu działań oraz informacji przekazywanych pomiędzy jednostką a stanowiskiem kierowania, zintegrowany system musi zapewniać ochronę dostępu do danych niejawnych i udostępnianie ich tylko osobom dysponującym odpowiednimi uprawnieniami.

Powyższe dwie przeciwstawne potrzeby wymagają dużej skrupulatności i precyzji podczas realizacji projektu, by uczynić narzędzia wsparcia informatycznego – zwłaszcza bazy danych i systemy komunikacji – z jednej strony otwartymi, z drugiej zaś bezpiecznymi. Wymaga to zastosowania odpowiednich nowoczesnych technologii informatycznych, uwzględniających konieczność przesyłania informacji (rys. 3).

Bezzałogowe pojazdy nawodne charakteryzują się szerokim spectrum wykonywanych zadań. W wielu przypadkach poprzez wykonywanie zadań, w których pojazdy załogowe nie mogły być użyte ze względu na bardzo niebezpieczne warunki, udowodniły swoją naturalną zdolność do redukcji ryzyka zagrożenia życia załóg.

Miniaturyzacja sensorów, urządzeń elektronicznych i sprzętu łączności, umożliwia zmniejszenie masy ładunku oraz znaczący wzrost możliwości zbierania danych przez bezzałogowe pojazdy nawodne. Dotyczy to kamer wideo i cyfrowych, radarów, sonarów, czujników



Rys. 3. Próby w morzu bezzałogowego pojazdu nawodnego

podczerwieni i optoelektronicznych. Oznacza to, że większość bezzałogowych pojazdów nawodnych może prowadzić rozpoznanie, obserwację i działania wywiadowcze.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa państwa, USV mogą być użyte do monitorowania przestrzegania prawa i układów międzynarodowych, interwencji, zwalczania piractwa, przemytu narkotyków i innych materiałów.

## Informacja o środowisku

W celu uzyskania brakujących, a zarazem niezbędnych danych opisujących dynamikę środowiska morskiego zespół wykorzystuje dwa rodzaje modeli: 1) modele hydrodynamiczne, 2) modele dyspersji obiektów na powierzchni morza. Do pozyskiwania danych do tworzenia tych modeli oraz do ich weryfikacji służy system aparaturowy zbudowany w oparciu o dryftery.

### Wykorzystanie modeli hydrodynamicznych

Kierunek i prędkość prądów morskich w modelach numerycznych opisywane są przez składowe wektora prędkości prądu morskiego, południkową  $\vec{u}$  i równoleżnikową  $\vec{v}$ . Węzły siatki generowanej przez model hydrodynamiczny oznaczmy, południkową  $U$  i równoleżnikową  $V$ . Wybór węzłów siatek wykorzystywanych do interpolacji, odbywa się niezależnie. Proces wyznaczania wartości jest identyczny dla każdej z siatek i przeprowadza się go w ten sam sposób. Wartości poszukiwanych elementów siatki obszaru zaistnienia wypadku wyznacza się przeprowadzając obliczenia, których założenia są przedstawione poniżej:

1. Przyjmijmy, że dokonaliśmy analizy oraz dyskretyzacji obszaru zaistnienia wypadku opisując go zbiorem *Obszar*  $\xi$ . W efekcie otrzymaliśmy zbiór stykających się ze sobą kwadratowych obszarów, przykładowo o szerokości 2 kabli każdy. Zakładamy, że każdy punkt takiego obszaru ma dla nas takie samo znaczenie.

2. Zakładamy, że dysponujemy wiedzą na temat wartości prądów morskich w punktach węzłów siatki numerycznej, generowanych przez hydrodynamiczny model numeryczny. Składowe wektora prędkości prądu morskiego: południkowa  $U$  i równoleżnikowa  $V$  są rozmieszczone w różnych punktach. Posiadamy jednak dokładne współrzędne węzłów siatki: szerokość węzła  $\varphi_k$ , długość węzła  $\lambda_w$ , gdzie:  $k, w \in N$ . Przyjąć można, że składowe tworzą dwa zbiory. Jeden to zbiór  $U$  wartości składowej południkowej, a drugi  $V$  równoleżnikowej. Elementy zbiorów tworzą te węzły siatki modelu hydrodynamicznego, których odległości od elementów zbioru *Obszar*  $\xi$  są mniejsze od odległości między elementami poszczególnych zbiorów  $U$  i  $V$ .

Ponieważ współrzędne węzłów siatki modelu hydrodynamicznego podawane są jako współrzędne geograficzne (szerokość węzła  $\varphi_k$ , długość węzła  $\lambda_w$ ), w celu uproszczenia obliczeń interpolacyjnych dokonujemy ich transformacji ze współrzędnych na elipsoidzie na współrzędne płaskie prostokątne. Po transformacji układu współrzędnych otrzymujemy  $X_k$  i  $Y_w$ . Dane te zwykle wyliczane są dla ściśle określonych momentów  $T_i$  o stałym interwale  $h_i = T_{i+1} - T_i = \text{const}$ , gdzie  $i \in N$ .

Celem niniejszych rozważań jest dokonanie predykcji przemieszczenia się pod wpływem prądów opisywanego obszaru. Problemem jest to, że węzły, w których wartości prądów są znane, rozmieszczone są w dość dużych odległościach. Należy zatem wykonać dwa zadania.

**Zadanie 1.** Określić prąd, który w przybliżeniu będzie działał na każdy z interesujących nas kwadratowych obszarów.

**Zadanie 2.** Zinterpretować jako obszar efekt przemieszczenia wszystkich kwadratów – spodziewać się należy, że różne kwadraty przemieszczane będą z różnymi prędkościami, co spowoduje, że przyległe kwadraty mogą się od siebie oddalać lub na siebie zachodzić.

W związku z powyższymi założeniami oraz sformalizowaniem zadania, algorytm ruchu obszaru zaistnienia wypadku, na którym prawdopodobnie znajduje się obiekt, ma dwuetapowy przebieg (Bednarczyk, Pyrchla, Piotrowski, 2005; Gajewski, Gajewski, Stachowiak, 1999; Pyrchla, Bednarczyk, 2000b; Pyrchla, 2001; 2002).

**Etap 1.** Problem określenia prądu w punkcie różnym od punktu kratowego, w którym jest on znany jest przykładem problemu interpolacji wielu zmiennych. Najprostszym rodzajem interpolacji, który można zastosować, jest interpolacja dwuliniowa. Nie ma znaczenia, że wiedza o składowych południkowych i równoleżnikowych odczytywana jest w różnych zestawach punktów siatki. Oznacza to jedynie, że proces interpolacji każdej składowej prądu musimy wykonać oddzielnie. Po wyliczeniu obu składowych aproksymowany prąd otrzymamy jako ich sumę. Wiedza na temat parametrów prądu w konkretnym punkcie, otrzymana w wyniku interpolacji, wykorzystana zostanie do przemieszczania kwadratów (omawianych elementarnych części obszaru poszukiwań). Cały kwadrat zostaje przemieszczony o drogę wynikającą z wektora prędkości prądu morskiego, wyliczonego dla punktu w środku tego kwadratu i dobranego optymalnego kroku czasowego.

**Etap 2.** Skoro został przemieszczony pojedynczy kwadrat omawianego obszaru, oznacza to, że można przesunąć w ten sam sposób kolejno wszystkie pozostałe. W wyniku otrzymuje się zbiór kwadratów wzajemnie na siebie zachodzących oraz znajdujących się w pewnej odległości, które nie przystają już do punktów omawianej siatki. W celu uzyskania nowego obszaru należy sprawdzić, czy każdy kwadrat siatki jest pokryty przez jeden z przesuniętych kwadratów. Jeśli wynik będzie negatywny, oznacza to, że analizowany kwadrat nie będzie występował w nowym obszarze. Jeśli dany kwadrat został pokryty przez przynajmniej jeden przesunięty kwadrat, to przyjąć trzeba, że należy on do nowego obszaru. Wartość funkcji przypisania dla niego wyliczana jest jako najwyższa wartość przypisana przesuniętym kwadratami, które częściowo go pokryły.

Składowym prędkości przypisuje się wartości z warstwy powierzchniowej. W poziomie wyznacza się wartość składowej prędkości jako średnią ważoną danej składowej  $\vec{V}$  z uwzględnieniem wartości elementów zbioru  $\vec{V}$ . Wagę dla danego elementu zbioru oblicza się na podstawie jego odległości od obiektu. Im bliżej obiektu położony jest element, tym ma wyższą wagę. Stosuje się przy tym zasadę, iż wagi są odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości. Opisaną procedurę stosuje się dla obu składowych prędkości niezależnie. Wektorowa wartość prądu morskiego jest sumą obu składowych dla wybranego punktu:  $\vec{V}_i + \vec{U}_i = \vec{O}_i$

### Wykorzystanie modeli dyspersji obiektów na powierzchni morza

Inne podejście do zagadnienia pozyskiwania danych środowiskowych niezbędnych do funkcjonowania morskiego systemu informacji przestrzennej jest realizowane przez nasz zespół przy wykorzystaniu systemu dryfterów. Fundamentalnym składnikiem turbulentnego mieszania płynów jest separacja dwóch sąsiednich elementów płynu, znana jako dyspersja par. Pomimo wielu lat naukowych poszukiwań nie znaleziono prostego i klarownego wytłumaczenia tego fundamentalnego aspektu zjawiska turbulencji. Jednym z najważniejszych pytań

jest kwestia wpływu jaki na prędkość ruchu ma odległość początkowa pomiędzy analizowanymi cząsteczkami płynu. Nadal pozostaje otwarte pytanie jak wyglądałaby sytuacja w przypadku innego niekontrolowanego środowiska jakim może być powierzchnia wzburzonego sztormem morza. W przypadku zaistnienia katastrofy morskiej należy liczyć się z rozbitkami, którzy znajdują się w wodzie. W tak złożonej sytuacji trudno zachować przytomność umysłu i postępować zgodnie z instrukcjami, zatem istnieje duże prawdopodobieństwo, że będą oni luźno porzrzućani na powierzchni morza. Określenie w jakim stopniu ich początkowy rozrzut będzie miał wpływ na trajektorie ruchu poszczególnych rozbitków będzie miało decydujące znaczenie dla powodzenia akcji ratowniczej, czyli uratowania życia ludzkiego. Ratownictwo morskie wykorzystuje cyfrowe mapy nawigacyjne w procesie wypracowywania decyzji i podczas koordynacji akcji (Pyrchla, Bednarczyk, 2000a; Pyrchla, Bednarczyk, Stateczny, 2000; IAMSAR II, 2007). System wspomaganie podejmowania decyzji stosowany przy akcjach ratowniczych na morzu nie uwzględnia wielu danych środowiskowych, które mogą być kluczowe dla powodzenia całej operacji (Pyrchla, 2005; Przyborski, Pyrchla, 2003; Morse, Kimball, 1998; IAMSAR II, 2007). Wynika to z faktu, iż elektroniczne mapy nawigacyjne nie dostarczają tego typu informacji, umożliwiają jednak tworzenie kolejnych warstw danych w ramach już istniejącej mapy. Zatem można wzbogacić istniejące mapy w bardzo precyzyjne dane środowiskowe, takie jak np: kierunki i prędkości prądów morskich; kierunki i prędkości wiatrów; zasolenie; temperatura wody i temperatura powietrza, jak również parametr niezbędny w procesie planowania akcji ratowniczej – dyspersja małych obiektów na powierzchni morza.

Jako baza wyjściowa do prowadzenia badań ukierunkowanych na separację małych obiektów na powierzchni morza służy system pomiarowy, stworzony w ramach zrealizowanego przez zespół projektu nr O T00A 013 28. Składa się on z boi pomiarowych (dryferów), których zadanie polega na transmitowaniu drogą radiową swoich pozycji do centrum odbiorczego, w którym powstaje wizualizacja tras poruszania się boi (Kitowski, Przyborski, Pyrchla, 2008; Przyborski, 2008a; 2008b). System składa się z 5 takich urządzeń, które mogą być wykorzystywane jednocześnie. Eksperymenty takie były i są nadal prowadzone (w ramach projektu nr O N526 0156 34), a gromadzone dane służą do weryfikacji uzyskanych do tej pory wyników.

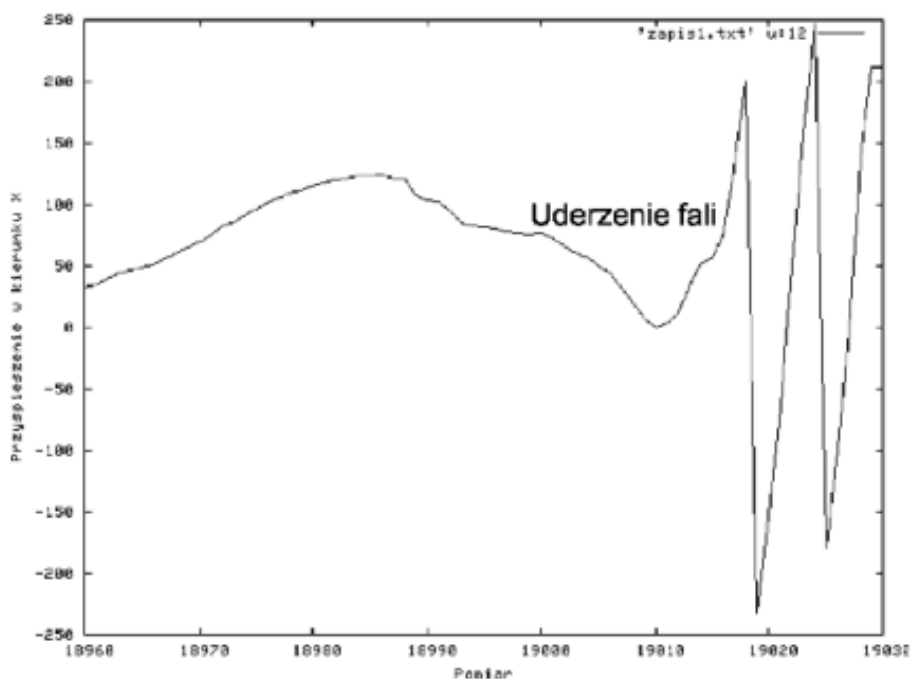
## **Integracja pozyskiwanych danych**

Przy planowaniu trasy przemieszczania się autonomicznego pojazdu nawodnego niezmiernie istotną rolę odgrywa znajomość warunków środowiskowych.

W przypadku pojazdów 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 komputerom kierowania pojazdem. Pierwszy tego typu wyścig odbył się na pustyni, natomiast ostatni stanowił najpoważniejsze wyzwanie, ponieważ zakładał, że roboty muszą poradzić sobie w miejskim ruchu samochodowym. Na pustyni, gdzie warunki atmosferyczne nieustannie zmieniają krajobraz, istniała konieczność modyfikowania wizerunku terenu. Zastosowano skaniny laserowe, dalmierze, kamerę cyfrową i radary. Dopiero fuzja tak uzyskanych obrazów dawała pełny obraz sytuacji w rejonie poruszania się pojazdu.

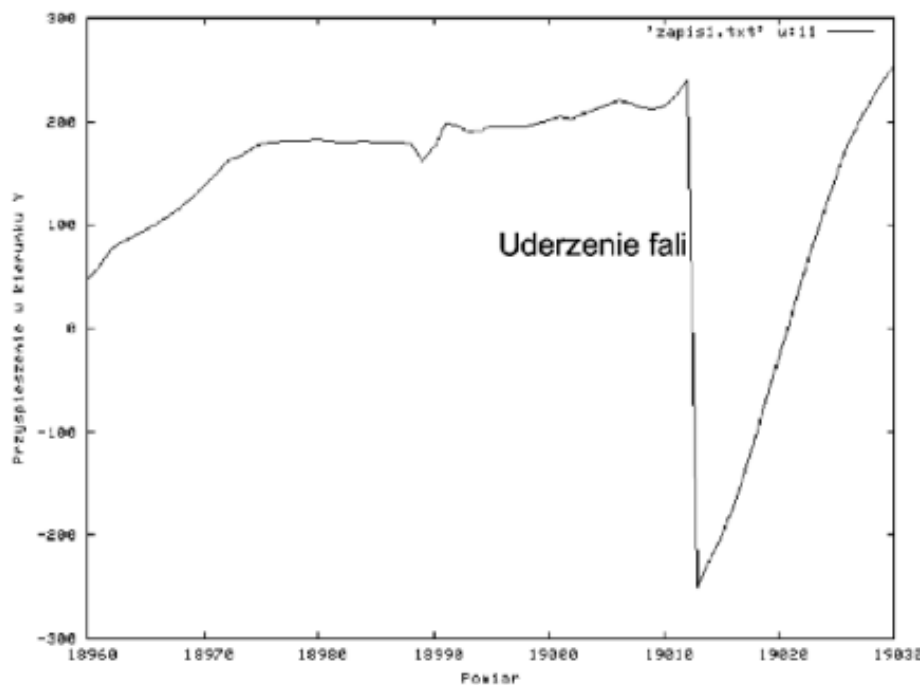
W przypadku środowiska morskiego, czy też ogólniej wodnego, mogło by się pozornie wydawać, że sytuacja jest zdecydowanie prostsza ponieważ: widoczność jest dobra, nic jej nie ogranicza, nie ma wybojów ani rowów, do których łódź mogłaby wpaść itp. Jest to złudny spokój – zmiana warunków w rejonie może 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 tym powstaje pytanie: w jaki sposób zaimplementować tę umiejętność 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 je do usprawnienia procesu sterowania autonomiczną łodzią?

Zespół prowadzi badania z wykorzystania systemów LiDAR w dwóch kierunkach. Po pierwsze, 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 tzw. „elektroniczny zmysł“ umożliwiający ostrzeganie jej 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 (rys. 4, 5, 6) reprezentują sytuację kiedy to łódź, po opuszczeniu portu, wychodzi na zatokę, natomiast czujniki przyspieszenia wykrywają nadchodzącą falę.

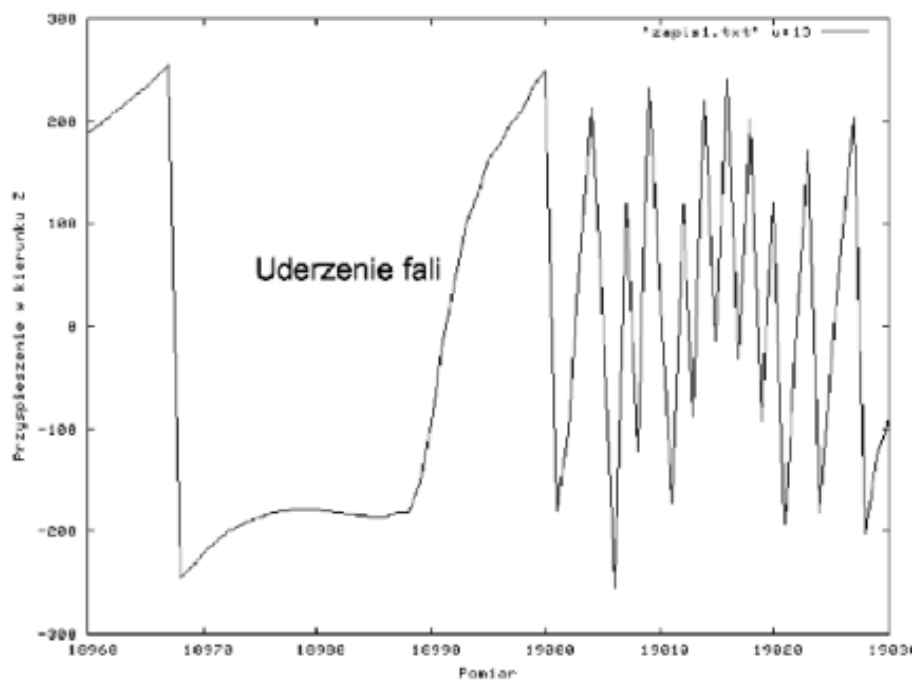


Rys 4. Przebieg przyspieszeń zarejestrowanych w kierunku osi X wraz z momentem uderzenia fali





Rys. 5. Wykres przyspieszeń w kierunku osi Y wraz z momentem uderzenia fali



Rys. 6. Wykres przebiegu przyspieszeń w kierunku osi Z wraz z momentem uderzenia fali

Po drugie prowadzone są prace nad wykorzystaniem danych z LiDARu do odtworzenia sytuacji na powierzchni morza w czasie rzeczywistym. Tego typu dane, w połączeniu z danymi z kamer wizyjnych oraz systemów radarowych, umożliwiłyby stworzenie odpowiednika cyfrowego modelu powierzchni morza czasu rzeczywistego. Wzbogacenie tego obrazu o informację antykolizyjną z systemu ARPA dałoby możliwość bezpiecznego nawigowania łodzi, nawet po bardzo skomplikowanym pod względem nawigacyjnym rejonie, jakim jest rejon portu oraz kanały portowe.

## Podsumowanie

Literatura specjalistyczna, jaka jest poświęcona uwzględnianiu informacji przestrzennej o prądach morskich w trakcie planowania akcji z wykorzystaniem bezzałogowych platform pływających na morzu, jest znikoma i nie dotyczy warunków nawigacyjnych Morza Bałtyckiego.

W niniejszej pracy staraliśmy się wykazać, że właściwym sposobem radzenia sobie z brakiem precyzji danych spotykanych w procesie planowania działań operacyjnych, szczególnie w rejonie wód przybrzeżnych, jest odwołanie się do informacji przestrzennej o prądach morskich. Przedstawiliśmy sposoby jakie wykorzystujemy do pozyskiwania niezbędnych dla nas danych środowiskowych oraz metody ich praktycznego wykorzystania. Na przykładzie opracowywanej przez nas bezzałogowej platformy pływającej pokazaliśmy, iż tego typu dane są niezbędne do realizacji zadań operacyjnych w strefie przybrzeżnej przez pojazdy bezzałogowe.

## Literatura

- Bednarczyk M., Pyrchla J., Piotrowski M., 2005: Toward the Application of AI Methods in Marine SAR Operations. The VIII International Maritime Conference "Safety of Surface, Subsurface and Flight Over the Sea Aspects". *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 14.
- Gajewski J., Gajewski L., Stachowiak A., 1999: Verification of drift models of rhodamine spill, life-raft and dummy-man during experiment polrodex-97. *Bull. Mar. Inst.*, 26.
- Hilbert D., Cohn-Vossen S., 1956: Geometria poglądowna. PWN.
- IAMSAR II, 2007: International aeronautical and maritime search and rescue manual. Mission coordination. Volume II, IMO/ICAO.
- Kitowski Z., Przyborski M., Pyrchla J., 2008: Pair dispersion in natural turbulence flow. *Polish Journal of Environmental Studies* vol.17, No. 3c: 41-44.
- Morse M. P., Kimball E. G., 1998: Methods of operations research. Military Operations Research Society, Alexandria.
- Przyborski M., Pyrchla J., 2003: Reliability of the Navigational Data. Proc. of the International IIS: IIPWM'03 Conference held in Zakopane, Springer Verlag Series on Advances in Soft Computing.
- Przyborski M., 2008a: Badanie dyspersji małych obiektów dla potrzeb morskich systemów geoinformatycznych: V Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe „Geoinformacja obrazowa w świetle aktualnych potrzeb”.
- Przyborski M., 2008b: Dyspersja małych obiektów na powierzchni morza w aspekcie morskich systemów geoinformatycznych. *Roczniki Geomatyki* t.6, z.7; 85-89, PTIP, Warszawa.
- Pyrchla J., Bednarczyk M., 2000a: Fuzzy sets to the rescue. Proc. 9<sup>th</sup> Workshop on Intelligent Information Systems.
- Pyrchla J., Bednarczyk M., 2000b: Zbiory rozmyte w planowanie poszukiwań morskich. Proc. II Sympozjum „Nawigacja Zintegrowana”, WSM Szczecin.

- Pyrchla J., Bednarczyk M., Stateczny A., 2000: Location of an accident at sea in the SAR system – an attempt at formalizing the problem, Scientific bulletin nr 59, WSM Szczecin.
- Pyrchla J., 2001: The Utility of Fuzzy Set Theory for Locating Sea Accidents. *Geodezja i Kartografia* nr 4.
- Pyrchla J., 2002: Zbiory rozmyte w teorii lokalizacji wypadków morskich. Wybrane zagadnienia. Wyd. J. Pyrchla.
- Pyrchla J., 2005: Fuzzy function of accuracy of visual navigational observation. *Polish Journal of Environmental Studies*.

### ***Abstract***

*Operational tasks are directed into shallow waters, therefore the use of unmanned vehicles might be very useful. Research in this area is conducted in many countries. We need very detailed data about the present and future state of the environment where the UV operate. This is the primary requirement. In this paper, we present the first Polish Unmanned Surface Vehicle, supported by the Polish Ministry of Science and Higher Education, grant O R00 0004 07.*

dr hab. inż. Jerzy Pyrchla  
jerzy\_pyrchla@wp.pl

dr hab. inż. Marek Przyborski  
marekprzyborski@gmail.com