

Sławomir Świerczyński, Piotr Zwolan

Wykorzystanie UAV w nawigacji

JEL: R41 DOI: 10.24136/atest.2019.254

Data zgłoszenia: 28.01.2020 Data akceptacji: 10.02.2020

Na przestrzeni ostatnich lat nastąpił bardzo dynamiczny rozwój bezzałogowych jednostek, które są wykorzystywane niemal w każdej dziedzinie życia. W artykule przedstawiono możliwości wykorzystania UAV w szeroko pojętej nawigacji, jak możemy korzystać z dronów w środowisku morskim, obserwować porty, prowadzić misje na morzu, jak robić mapy dna morskiego i jakie korzyści z dronów ma środowisko wojskowe.

Słowa kluczowe: UAV, nawigacja.

Wstęp

Bezzałogowy statek powietrzny to rodzaj samolotu bez pilota lub załogi na pokładzie. Może być kontrolowany przez człowieka lub komputer, tworząc w takim przypadku w pełni autonomiczny system. Pierwotny pomysł użycia dronów polegał na pomocy w wykonywaniu misji, które zostały uznane za zbyt niebezpieczne dla ludzi. Były używane przez wojsko, później znalazły szerokie zastosowanie w różnych obszarach do różnych funkcji między innymi w geodezji, hydrografii, reklamie, filmie, sporcie itp.

W artykule autorzy przedstawili możliwości wykorzystania UAV w szeroko pojętej nawigacji. Jak korzystać z dronów w środowisku morskim, monitorować obszary i infrastrukturę, prowadzić misje na morzu, jak robić mapy dna morskiego i jak drony są wykorzystane w środowisku wojskowym.

1. Bezzałogowe statki powietrzne

Technologia i rozwój UAV (ang. unmanned aerial vehicle) okazał się jednym z najlepszych wynalazków dokonanych w ostatnich latach. To w dużym stopniu zmieniło sposób, w jaki ludzie prowadzą działalność, a także pomogło oszczędzać zasoby i czas, ponieważ większość zadań można wykonać szybciej i bezpieczniej. Istnieje wiele rodzajów dronów, wielowirnikowe (dualcoptery, quadcoptery itp.), płatowce i jednowirnikowe (śmigłowce) (rys. 1). Drony wielowirnikowe posiadają więcej niż dwa wirniki, na przykład Quadcopter wykorzystuje cztery silniki. Jest to najczęściej używany dron ze względu na łatwość użytkowania, a ważną cechą jest zapewnienie doskonałej kontroli nad pozycjonowaniem, co gwarantuje świetne zdjęcia lotnicze. Ich źródłem energii jest zwykle bateria, co daje 20-30 minut latania. Drony ze stałymi skrzydłami (płatowce) mogą latać na duże odległości. Napędzane silnikami benzynowymi mogą pozostać w powietrzu przez ponad 10 godzin. Do startu i lądowania potrzebują pasa startowego lub katapulty. Innym rodzajem dronów jest śmigłowiec z jednym wirnikiem, który wykorzystuje jeden wirnik, są bardziej popularne w lotnictwie, a zasilane silnikiem benzynowym mogą wypełniać dłuższe misje.



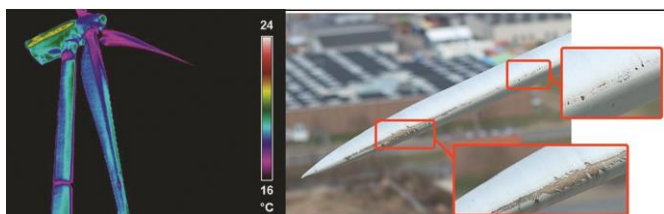
Rys. 1. Typy bezzałogowych statków powietrznych (źródło: Liang Oscar, 2016, Kennedy Martinez, 2019, Shivali Best, 2017)

Większość dronów to statki wielowirnikowe. Podstawowymi elementami budowy UAV są: rama, podwozie, śmigła, silniki bezszczotkowe, ESC-regulatory obrotów silników, akumulator zasilający, czujniki sterowania, kontroler (nadajnik + odbiornik), RC FPV. Obecnie na platformie UAV instalowanych jest wiele sensorów, podstawowe z nich to: odbiornik GPS, kompas, czujniki pomiaru wysokości, przyspieszeniomierz (akcelerometr), żyroskop.

2. Wykorzystanie dronów w środowisku morskim

Kraje na całym świecie budują floty robotów, które wykonują zadania pod wodą i na wodzie. Mimo że drony są obecnie bardziej związane z branżą rozrywki, nadal nie utraciły swoich ważnych funkcji, ponieważ są szeroko stosowane w świecie cywilnym i wojskowym. Zaletą dronów to szybki dostęp do odległych i nieograniczonych przestrzeni, fotografowanie obszarów ze znacznej wysokości, natychmiastowej transmisji filmów i zdjęć, małej wadze i ograniczonych rozmiarach, zastosowanie ich w różnych, a czasem nawet niebezpiecznych warunkach. Ponadto drony są bardziej opłacalne ekonomicznie ze względu na powszechny rozwój tych technologii, co sprawia, że ich stosowanie jest powszechne w tak skomplikowanych zadaniach, jak gaszenie pożarów lub ratowanie ludzi w niebezpiecznych warunkach. Dron to coś więcej niż urządzenie obsługiwane przez osobę, która jest w stanie zdalnie przekazać informacje, rozwiązać problem lub znaleźć obiekt w ograniczonej przestrzeni. Może być swego rodzaju „okiem na niebie”, ponieważ można go stosować w znacznie bardziej skomplikowanych zadaniach. Przede wszystkim wykonuje różne misje, jednocześnie pokonując większe odległości w krótszym czasie przy niższych kosztach, niż w przypadku, gdyby to samo zadanie wykonywałby człowiek. Właśnie dlatego drony są obecnie szeroko stosowane do przenoszenia próbek laboratoryjnych do szpitali lub wykrywania wycieków ropy w oceanie. Jednak takie misje zwykle wymagają nie tylko wyrafinowanej i odpowiednio opracowanej mechaniki UAV, ale również potrzeba szerokiej gamy połączonych technologii, które zapewnią właściwą pracę drona. Są to narzędzia do analizy danych, komunikacja i przesyłanie strumienia danych na duże odległości itp. (Frederiksen i Knudsen, 2018). Z tego też powodu przemysł dronów stale rozwija się, aby móc zaspokoić wszystkie potrzeby innych branż. Dzięki szerokiemu zakresowi funkcji i możliwości, będąc jednocześnie w stanie uzyskać dostęp do miejsc, które są poza zasięgiem człowieka, drony z pewnością stały się intensywnie wykorzystywane w przemyśle morskim. UAV mogą latać nad poziomem morza, dzięki czemu mogą pomóc w nawigacji w środowisku morskim i zapewnić obserwacje akwenów wodnych z góry. W 2017 r. Europejska Agencja Bezpieczeństwa Morskiego (European Maritime Safety Agency) wydała największy kontrakt w cywilnym przemyśle morskim o wartości 67 mln euro (Cozzens, 2017). Umowa ta zakładała różne funkcje dronów, w tym monitorowanie nielegalnych połowów, poziomów zanieczyszczenia oraz operacji poszukiwawczo-ratowniczych. Jest to najpopularniejszy przykład użycia dronów w środowisku morskim, jednak to tylko jeden z wielu. Drony bardzo pomagają w pomiarach batymetrycznych podczas zbierania informacji o linii brzegowej i zbiornikach wodnych, w celu wykorzystania na mapach morskich. Technologia umożliwia konstruowanie dronów morskich które są odporne na wiatr, deszcz i słoną wodę (Cozzens, 2017). Ponadto w pełni autonomiczne drony są przydatne do ob-

serwacji morza, mogą obserwować trudno dostępne miejsca i wykonywać misje bez poleceń operatora. Kolejnym ważnym wykorzystaniem bezałogowych statków powietrznych są zadania inspekcyjne. Duże kontenerowce i tankowce mogą być szybko sprawdzone używając bezałogowej jednostki, która w szybkim czasie zrobi przelot i sprawdzi różne miejsca i załadunek statku. Mogą pełnić funkcje kontroli, czy elementy infrastruktura mostów lub budowli na morzu nie ulegają korozji, czy turbiny wiatrowe są w dobrym stanie i nie ulegają korozji. Wykorzystując kamery termowizyjne mogą kontrolować poprawność pracy, czy elementy turbiny nie ulegają nadmiernemu przegrzaniu (rys. 2)



Rys. 2. Inspekcja turbin wiatrowych
(źródło: <https://forcetechnology.com/en/services/drone-inspection-of-wind-turbines-onshore-and-offshore>)

Inspekcja dużych zbiorników, to zadanie też dla dronów. Wysokie konstrukcje i duże obszary do zbadania czy nie ma pęknięć i korozji można wykonywać za pomocą drona o specjalnej konstrukcji zabezpieczającej śmigła przed uszkodzeniem. Obudowany specjalnym „koszem” dron bezpiecznie może latać w zamkniętych pomieszczeniach bez obawy uszkodzenia (rys. 3)



Rys. 3. Inspekcja zbiornika dronem
(źródło: <https://www.gospodarkamorska.pl/Stocznie,Offshore/prs-wykorzystuje-drony-do-inspekcji-statkow.html>)

Platformy wiertnicze to następne miejsce o dużym i niebezpiecznym dla człowieka obszarze, gdzie do inspekcji może zastąpić go bezałogowy pojazd. Operator z bezpiecznego miejsca może skontrolować każdy element platformy nawet od strony morza nie narażając siebie na różne niebezpieczeństwa (rys. 4).



Rys. 4. Inspekcja platformy wiertniczej
(źródło: <https://www.dnvgl.com/expert-story/maritime-impact/The-drone-squad-for-ship-surveys.html>)

Podczas akcji ratowniczych na morzu ważny jest czas realizacji misji aby znaleźć, dotrzeć do człowieka i udzielić mu pomocy. Tutaj

też bezałogowy pojazd może okazać się doskonałym narzędziem, aby w szybkim czasie dotrzeć do tonącego człowieka i zrzucić mu w pierwszych etapach misji koło ratownicze (rys. 5). W wielu przypadkach może to uratować życie.



Rys. 5. Użycie drona w akcjach ratowniczych
(źródło: https://www.youtube.com/watch?v=o41tBHWP_5Y)

Przy poszukiwaniach na lądzie istnieje analogiczna sytuacja. Gdy zapada zmrok i widzialność ludzka jest ograniczona wyposażony w kamery termowizyjne dron może znaleźć, a następnie wysłać współrzędne poszukiwanej osoby do grupy ratowników (rys. 6).



Rys. 6. Użycie drona w akcjach ratowniczych
(źródło: <https://www.youtube.com/watch?v=6t-hYnWPIfK>)

Dzisiaj dużym ograniczeniem wykorzystania dronów jest czas lotu, jednak są firmy, które specjalizują się w produkcji dronów, które posiadają wydłużony ten parametr nawet do ok 95 minut. Dodatkowo takie drony wyposażone w specjalne systemy do przesyłania strumienia danych oraz wykorzystując naziemne stacje umożliwiają na transmitowanie obrazu 1080p nawet do 35 km. Nagrywają obraz w technologii 4K oraz używając w tym samym czasie obrazu z dwóch kamer, optycznej i termowizyjnej zwiększają swoje możliwości operacyjne (rys. 7).



Rys. 7. Użycie drona w monitorowaniu obszarów morskich i lądowych
(źródło: <https://www.airbonedrones.co/vanguard/>)

Inspekcja mostów i infrastruktury morskiej to kolejne wyzwanie dla dronów. Trudno dostępne miejsca, wysoka i niebezpieczna dla człowieka konstrukcja oraz użycie specjalistycznego sprzętu może być zastąpione przez bezzałogowe jednostki (rys. 8).



Rys. 8. Użycie drona w inspekcji mostów (źródło: Day D., 2017)

Podczas „walki” o ochronę środowiska również możemy wykorzystać drony. Wyposażone w specjalne sensory sprawdzają poziom zanieczyszczenia w dwutlenek węgla i inne niebezpieczne pierwiastki emitowane przez statki do atmosfery (rys. 9)



Rys. 9. Użycie drona do kontroli spalin (źródło: Frederiksen, M.H., & Knudsen, M.P., 2018)

Także zbieranie danych o zasobach wodnych za pomocą robotyzowanych pojazdów pozwoli nam szybko reagować na klęski żywiołowe, a także obniżyć koszty monitorowania stanu mórz i oceanów. Przykładem takiego drona, które wykona takie zadanie może być Aquatic Micro Air Vehicle (AquaMAV) - unikalny dron, który może poruszać się zarówno w powietrzu, jak i w przestrzeni podwodnej. Uniwersalny UAV został zaprojektowany przez naukowców z Imperial College w Londynie, został wyposażony baterie, zapewniając lot przez 14 minut z prędkością 10 m / s (48 km / h), co wystarcza do poruszania się w promieniu 5 km, w którym robot może zanurzyć się w wodzie i wrócić do bazy z próbką wody (Siddall, Ortega i Kovac, 2017). Kolejnymi zadaniami jakie może wykonywać to pomiar zasolenia wody, co jest jednym ze sposobów monitorowania zmian klimatu oraz sprawdzanie jakości wody w zbiornikach wodnych (rys. 10)

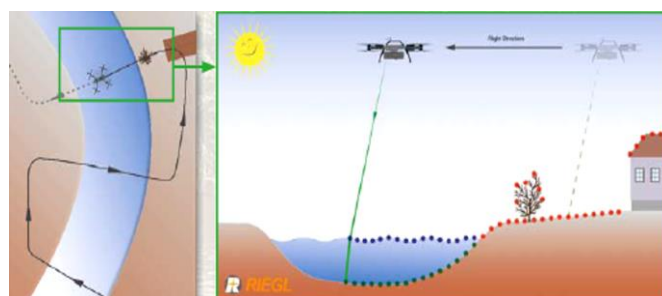


Rys. 10. Analiza wody (źródło: Koparan, et al, 2018)

Pomiary batymetryczne to kolejne wyzwanie dla bezzałogowych pojazdów. Firmy specjalizują się w tego rodzaju pojazdach. Jednym z takich jest dron typu BathyCopter, który działa na podobnej zasadzie jak inne jednostki. Składa się z platformy nośnej z czterema

ramionami i ośmioma śmigłami, na której został zamontowany układ z zielonym laserowym miernikiem głębokości, układ IMU / GNSS z anteną, jednostka sterująca oraz aparat cyfrowy (rys. 11). BathyCopter może mieć zastosowanie przy badaniu linii brzegowej zbiorników i cieków wodnych, do ich monitoringu oraz pomiarów głębokości i prędkości przepływu wody.

W przypadku pomiarów batymetrycznych dron typu BathyCopter zostaje wyposażony w lekki skaner batymetryczny typu BDF-1 (ang. Bathymetric Depth Finder) który umożliwia bardzo dokładne wykonanie pomiarów głębokości raz profilu dna zbiornika lub cieków wodnych do głębokości ok. 40 metrów.



Rys. 11. Idea pomiarów głębokości i profilu dna zbiornika wodnego systemem BDF-1 (źródło: BathyCopter <http://www.laser-3d.pl/skanery/skanery-riegl/ua-uav-skanowanie/bathycopter>)

Wadą BathyCoptera jest gorsza dokładność pomiaru przy głębokościach przekraczających 40 metrów oraz przy mało przejrzystej wodzie. W takich warunkach fala wiązki laserowej ulega rozproszeniu zanim trafi na dno zbiornika i pomiar jest obciążony dużymi błędami.

Jedną wspólną wadą wszystkich bezzałogowych statków jest ograniczenie czasu lotu, który średnio trwa ok 20 minut. Aby wyeliminować tę niedogodność, możemy zasilanie bateryjne zastąpić przewodowym systemem zasilania. Taki pojazd ze stałym zasilaniem jest w stanie wykonywać loty bez ograniczeń czasowych. Wykonując zawis na określonej wysokości potrafią monitorować i rejestrować zdarzenia określonego obszaru portu lub innego ważnego miejsca. Jedyne ograniczenie to długość kabla, który ogranicza zasięg lotu lub zawisu drona (rys. 12).



Rys. 12. Dron z przewodowym systemem zasilania (źródło: Elistar, 2019)

3. Militarne wykorzystanie dronów

Badania i rozwój globalnych firm zbrojeniowych doprowadziły do wykorzystania ich w aspektach militarnych. Rządy wszystkich krajów zdały sobie sprawę z możliwości i zastosowań dronów, przeznaczając miliony euro na przemysł obronny związany z dronami. Wiele krajów ma drony w swoich arsenałach wojskowych, które pełnią wiele funkcji, a jedną z nich jest zwalczanie celów wroga.

Istnieje kilka rodzajów dronów wojskowych, które są podzielone na kategorie według konkretnych możliwości, w oparciu o ich wagę, zasięg i prędkość (rys. 13).



Rys. 13. Typy dronów wojskowych (źródło: DW, 2019)

UAV można dostosować do wielu rodzajów misji, w zależności od rodzaju wbudowanych czujników. Drony mogą wykonywać misje trudne lub niemożliwe do osiągnięcia przez ludzi, co ogranicza potencjalne zagrożenie dla żołnierzy. Wraz z rozwojem dronów wojskowych powstaje coraz więcej dronów o różnych rozmiarach, od bardzo małych po duże maszyny bojowe. Miniaturyzacja urządzeń wpłynęła na rozmiar i kształt dronów. Nano-drony zostały stworzone do zadań szpiegowskich, a małe drony wielkości owadów są używane przez żołnierzy w wielu misjach (rys. 14). Mogą być noszone w małych skrzynkach i wykorzystywane do rozpoznania w dowolnym momencie. Niektóre większe drony taktyczne mają inne zadania. Mają zdolność przebywania w powietrzu przez kilka godzin, a zasięg ich misji sięga nawet dziesiątek kilometrów. UAV wykorzystujące najnowszą technologię mogą przesyłać obraz do centrum dowodzenia na duże odległości i niszczyć z powietrza cele przeciwnika.



Rys. 14. Zminiaturyzowane drony wojskowe (źródło: <https://www.roboticsbusinessreview.com/unmanned/small-drones-military-surveillance/>)

Kolejnym polem zastosowań wojskowych dronów to obszary nawodne i podwodne. Specjalne wyposażone drony mogą służyć do zwalczania okrętów podwodnych. Podstawowym urządzeniem do wykrywania okrętów podwodnych jest sonar, którego przetwornik jest zanurzony w wodzie i nie może być on wykorzystany na samolotach. Nie oznacza to jednak, że morskie samoloty patrolowe nie mogą odszukać znajdujących się pod wodą obiektów. Mogą do tego wykorzystywać detektory anomalii magnetycznych oraz różnego rodzaju pławy hydroakustyczne. Jeden i drugi system ma wady i zalety. Wykorzystując pławy hydroakustyczne tworzy się system detekcji na określonym wcześniej akwenie. Pławy zrzucone na spadochronach tworzą obszary detekcji okrętów podwodnych, które po wykryciu są niszczone za pomocą torped przenoszonych przez drony (rys. 15). Bezzałogowce mogą przebywać w powietrzu nawet kilkanaście razy dłużej od morskich samolotów patrolowych, nie męcząc załóg i nie narażając je na niebezpieczeństwo.



Rys. 15. Drony zwalczające okręty podwodne (źródło: <https://www.defence24.pl/drony-zwalczajace-okrety-podwodne-juz-w-niedalekiej-przyszlosci>)

Wojna elektroniczna to kolejne zastosowanie bezzałogowych statków powietrznych w wojsku (rys. 16) Testowane są różne systemy instalowane na dronach jako elektroniczne platformy bojowe. Koncepcja polega na użyciu małych dronów, które są trudne do wykrycia, aby dostać się do systemów elektronicznych przeciwnika. Systemy takie mogą zakłócać pracę radarów, systemy pozycjonowania i dowodzenia oraz przeprowadzać cyberataki.



Rys. 16. Elektroniczne drony bojowe (źródło: Turnbull, 2019)

Innym zastosowaniem dronów w marynarce wojennej są „mobilne miny morskie” używane do wysadzania statków. Małe pływające pod wodą drony są wyposażone w materiały wybuchowe. Mogą podróżować na duże odległości, po ukończeniu misji mogą przychodzić się do kadłuba za pomocą magnesów, a operator może zdalnie zdetonować ładunki wybuchowe, które mogą uszkodzić kadłub statku (rys. 17).



Rys. 17. Drony jako miny morskie (źródło: <https://www.defensenews.com/unmanned/2018/04/26/us-navys-unmanned-vehicle-efforts-are-the-answer-to-deterring-adversaries/>)

Podsumowanie

Bezzałogowy statek powietrzny jest rodzajem statku powietrznego bez pilota lub załogi na pokładzie. Drony mogą być kontrolowane przez człowieka lub komputer, tworząc w pełni autonomiczny system. Pierwotny pomysł użycia dronów polegał na pomocy w wykonywaniu misji, które zostały uznane za zbyt niebezpieczne dla ludzi. Początkowo drony były używane przez wojsko, z czasem ich użycie zostało zróżnicowane, a obecnie są szeroko stosowane w różnych obszarach życia wykonując szereg misji. Istnieje wiele obszarów naszego życia, w których używane są drony. Obszary te można podzielić na środowiska cywilne i wojskowe. Dziś używamy dronów w powietrzu, na lądzie i w wodzie. Monitorowanie, nadzór, hydrografia, geodezja, ochrona środowiska, robienie zdjęć i nagry-

wanie filmów to tylko niektóre obszary, w których wykorzystywane są drony. Zastosowanie dronów w różnych misjach wojskowych powoduje ich wielki rozwój. Drony wojskowe są często uzbrojone, a ich zadaniem jest niszczenie systemów i infrastruktury wroga.

Bibliografia:

1. Cozzens, T. (2017). Are drones the future of marine surveying? GPS World. Retrieved from <https://www.gpsworld.com/are-drones-the-future-of-marine-surveying/>
2. Day D., (2017). Next generation asset management.pdf
3. Defence (2015), Drony zwalczające okręty podwodne już w niedalekiej przyszłości, Retrieved from <https://www.defence24.pl/drony-zwalczajace-okrety-podwodne-juz-w-niedalekiej-przyszlosci>
4. DW (2019), A guide to military drones, Retrieved from <https://www.dw.com/en/a-guide-to-military-drones/a-39441185>
5. Elistare (2019), Elistair Light-T, <https://aeromind.pl/product-pol-2686-Elistair-Light-T.html>
6. Fintech, futures (2018), Eye in the sky: how drones can shape underwriting, Retrieved from <https://www.bankingtech.com/2018/07/eye-in-the-sky-how-drones-can-shape-underwriting/>
7. Federal Aviation Administration (2019). Unmanned Aircraft Systems. FAA. Retrieved from https://www.faa.gov/uas/getting_started/.
8. Frederiksen, M.H., & Knudsen, M.P. (2018). Drones for Off-shore and Maritime Missions: Opportunities and Barriers. Innovation Fund Denmark.
9. Grind Drones (2017). Drone Components _Quick List of it's Parts. Retrieved from <http://grinddrone.com/drone-features/drone-components>
10. Kaparan, et al (2018), In Situ Water Quality Measurements Using and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) System, Water 2018, 10, 264
11. Kennedy Martinez (2019), The Best Fixed Wing Drone – Top 6 Best Fixed Wing Drones, Retrieved from <https://www.dronethusiast.com/fixe-wing-drone-reviews/>
12. Liang Oscar (2016), Types of Multicopter, Retrieved from <https://oscarliang.com/types-of-multicopter/>
13. Matherboard (2014) The Iranian Drones That Save Lives Retrieved from https://www.youtube.com/watch?v=o41tBHWP_5Y
14. Riegl (2019), BathyCopter Retrieved from http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegldownloads/RIEGL_BD_F-1_Datasheet_2019-05-31.pdf
15. Shivali Best (2017) Blink and you'll miss it! Prodrone reveals a single-rotor drone that can travel on autopilot at staggering speeds of over 125mph Retrieved from <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4861530/Single-rotor-drone-travel-125-miles-hour.html>.

The use of UAVs in navigation

Over the past years, there has been a very dynamic development of unmanned aerial vehicles that are used in almost every area of life. The article presents the possibilities of using UAVs in the broadly understood navigation, how to use drones in the sea environment, observe ports, conduct missions at sea, how to make seabed maps and how drones are used in the army.

Keywords: UAV, nawigacja.

Autorzy:

dr inż. **Sławomir Świerczyński** – Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni, Katedra Nawigacji i Hydrografii Morskiej, s.swierczynski@amw.gdynia.pl

dr inż. **Piotr Zwolan** – Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni, Katedra Nawigacji i Hydrografii Morskiej, p.zwolan@amw.gdynia.pl