

INTEGRACJA DANYCH TOPOGRAFICZNYCH, NAWIGACYJNYCH, HYDRODYNAMICZNYCH I METEOROLOGICZNYCH W MORSKIEJ STREFIE PRZYBRZEŻNEJ ZA POMOCĄ MAPY HYBRYDOWEJ*

INTEGRATION OF TOPOGRAPHIC, NAVIGATION,
METEOROLOGICAL AND HYDRODYNAMIC DATA
IN MARINE COASTAL ZONE USING HYBRID MAPS

Jerzy Pyrchla¹, Marek Kowalewski²

¹Akademia Morska w Szczecinie

² Instytut Oceanografii, Uniwersytet Gdański

Słowa kluczowe: zarządzanie strefą przybrzeżną, elektroniczna mapa morska, modele hydrodynamiczne

Keywords: coastal zone management, Electronic Navigational Chart (ENC), hydro-dynamical models

Wstęp

Morskie akweny przybrzeżne są rejonami gdzie najczęściej dochodzi do wypadków morskich, przykładem może być ostatnia katastrofa statku wycieczkowego *Costa Concordia* u brzegów Toskanii. W rejonach tych występuje wiele ograniczeń. Wynika to z lokalnych warunków klimatyczno-pogodowych (np. wywołanego silnym wiatrem falowania lub opadu hydrometeorów). Dodatkowo wpływ na bezpieczeństwo w tych rejonach ma intensywność i różnorodność prowadzonych działań o charakterze gospodarczym oraz zabezpieczającym. Nasycenie tła dużą liczbą obiektów, wśród których znajdują się środki transportowe, urządzenia przeładunkowe, jak i tory wodne o znacznym natężeniu ruchu powoduje, że zapotrzebowanie na informacje znacznie wzrasta. Tradycyjne morskie mapy nawigacyjne z informacjami zamieszczonymi na nich są niewystarczające. Kompleksowe dostarczenie informacji daleko wykracza poza dotychczasową kartografię morską. Analiza zagrożeń lokalnych pozwala wyszczególnić informacje, na które zapotrzebowanie w danym rejonie jest największe (Pyrchla, 2008). Obejmować ona musi swoim zakresem:

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

- wszystkie rodzaje informacji środowiskowej (np. geograficzną, hydrometeorologiczną),
- charakterystyki prowadzonej w rejonie aktywności tj. działań, prac (np. transport, komunikacja, prace podwodne),
- charakterystykę infrastruktury morskiej i lądowej (np. oznakowania nawigacyjnego, urządzeń portowych), w tym infrastruktury krytycznej, od której zależy funkcjonowanie portu z jego akwatorium i terminalami,
- możliwe do przewidzenia scenariusze zaburzeń funkcjonowania struktur czy też działań/aktywności gospodarczej (na skutek występowania zagrożeń na analizowanym obszarze w kontekście ich prawdopodobieństwa wystąpienia).

Rozwój nowych technologii z dnia na dzień rozszerza katalog zagrożeń, powodując powstawanie zjawisk, wczoraj jeszcze nie znanych, a dziś stwarzających poważne zagrożenia. Odwracając to sformułowanie – tym samym, pod względem modernizacji systemów i środków ochrony dąży się do takiego wyprzedzenia technologicznego, aby uzyskać przewagę nad tymi, którzy stwarzają zagrożenie (Pyrchla, Przyborski, 2008). Niestosowaną dotychczas technologią jest hybrydowa mapa morska, której podstawowym repozytorium jest stworzona w środowisku GIS sieciocentryczna geobaza umożliwiająca integrację danych topograficznych, hydrograficznych, nawigacyjnych, hydrodynamicznych i meteorologicznych w morskiej strefie przybrzeżnej.

Sieciocentryczność jako pojęcie wiąże się przede wszystkim z zastosowaniami głównie wojskowymi, a pochodzi od anglojęzycznego określenia *Network Centric Warfare* (NCW), co można tłumaczyć jako „sieciocentryczne działania wojenne”. Termin ten oznacza przetworzenie przez dowódcę (organ kierujący) przewagi informacyjnej na przewagę w dowodzeniu, a w konsekwencji na przeważające (również wyprzedzające) oddziaływanie. Przewaga ta osiągnięta jest na podstawie dostępnego dla dowódcy danego szczebla, stale aktualizowanego (rozpoznanego), obszernego obrazu sytuacji. Aby obraz sytuacji był stabilny, pełny i aktualny podmioty (struktury) pozyskujące, przetwarzające i wykorzystujące informację powinny być powiązane (najlepiej w czasie rzeczywistym) w zakresie wymiany informacji. Reasumując, głównym celem NCW jest uzyskanie supremacji w dziedzinie informacji dla zwiększenia efektywności prowadzenia działań.

Morski Sieciocentryczny System Informacji Geograficznej Zatoki Gdańskiej

W ramach Morskiego Sieciocentrycznego Systemu Informacji Geograficznej Zatoki Gdańskiej przeprowadzono prace dostosowujące strukturę zmodernizowanej geobazy tak, aby przechowywane dane opisujące atmosferę i hydrosferę miały możliwość dialogu (tzn. komponowania w dowolnym zestawieniu między sobą i z pozostałymi typami danych) oraz wykorzystania jako matrycy podstawowej do prognozowanego działania i planowanego przeciwdziałania. Niezwykle ważna w odniesieniu do planowanych zastosowań jest możliwość zobrazowania aktualnej sytuacji w rejonie. Spełnienie tego wymogu gwarantuje system sieciocentryczny, którego składowymi muszą być:

- system informacji geograficznej (GIS ang. *Geographical Information System*),
- dane elektronicznej morskiej mapy nawigacyjnej (ENC ang. *Electronic Navigational Chart*),
- dane z modeli atmosfery, z modeli hydrodynamicznych oraz aplikacje.

System taki, aby można go było dostosowywać do rosnących wymagań, musi być w pełni skalowalny. Celem niniejszego artykułu jest charakterystyka przestrzennych danych numerycznych pochodzących z prognoz hydrodynamicznych i meteorologicznych, dostarczających dodatkowych warstw w Morskim Sieciocentrycznym Systemie Informacji Geograficznej Zatoki Gdańskiej.

System ten jest przykładem mapy hybrydowej, łączącej geoprzestrzenne dane cyfrowe pochodzące z różnych źródeł. Platformą integrującą wszystkie dane jest system informacji geograficznej (GIS), który umożliwia łączenie danych cyfrowych zapisanych w różnych standardach i odwzorowaniach. Pozwala to na nakładanie na wspólną mapę różnorodnych warstw przedstawiających dane geoprzestrzenie: lądowe (np. topograficzne i ortofotomapy), morskie elektroniczne mapy nawigacyjne oraz dane środowiskowe (metrologiczne i hydrodynamiczne). Do zapisu dodatkowych warstw informacyjnych (ang. *Additional Military Layers* – AML) wykorzystuje się powszechnie uznane międzynarodowe standardy hydrograficznych danych cyfrowych. Dla danych wektorowych wykorzystuje się obecnie standard IHO „Standard Wymiany Cyfrowych Danych Hydrograficznych S-57” (ang. *IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data – S-57*). Wizualizację w zastosowanym systemie GIS (ArcGIS, v. 10) oraz symbolizację oznaczeń nawigacyjnych, zgodnie z powszechnie stosowaną na mapach morskich normą S-52, zapewnił dodatek: S-57 Viewer dla ArcGIS. Systemy GIS pozwalają także na import komórek morskiej mapy nawigacyjnej ENC w standardzie S-57 do geobazy, a dzięki temu umożliwiają wykonywanie typowych analiz geoprzestrzennych.

Standardy zapisu danych środowiskowych w systemie GIS

Przestrzenne dane meteorologiczne oraz hydrologiczne, dostarczane najczęściej z obliczeń modelowych, są zapisywane za pomocą siatki numerycznej (tzw. dane gridowe). W koncepcji AML, do wymiany danych gridowych wykorzystywane są formaty: GRIB (ang. *GRid in Binary*) i NetCDF (ang. *Network Common Data Form*). GRIB jest formatem Światowej Organizacji Meteorologicznej, wykorzystywanym do wymiany danych meteorologicznych; pozwala także na kompresję danych gridowych. NetCDF jest natomiast powszechnie używanym formatem wymiany danych pochodzących z numerycznych modeli oceanograficznych i meteorologicznych, rozwijanym w ramach Unidata Program Center przez stowarzyszenie UCAR (*University Corporation for Atmospheric Research*), skupiające 75 uniwersytetów związanych z badaniami atmosfery.

Dla potrzeb Morskiego Sieciocentrycznego Systemu Informacji Geograficznej należało dokonać wyboru takiego formatu zapisu danych pochodzących z modeli numerycznych, który umożliwiłby przetwarzania takich danych w zastosowanym systemie GIS (ArcGIS v. 10). Przeprowadzona analiza wykazała, iż wielowymiarowe dane przestrzenne w postaci plików NetCDF mogą być z powodzeniem przetwarzane i wizualizowane, natomiast pliki GRIB nie są aktualnie obsługiwane w systemie ArcGIS. Ponadto system ArcGIS obsługuje import danych wielowymiarowych w formacie NetCDF, na przykład trójwymiarowych rozkładów temperatury wody. Pozwala także na traktowanie czasu jako dodatkowego wymiaru, co umożliwia wybór na przykład pola wiatru z odpowiedniej godziny oraz tworzenie animacji w czasie (narzędzie Time Slider). Wobec tego wybrano format NetCDF jako właściwy do dostarczania informacji hydrologicznych i meteorologicznych do Morskiego Sieciocentrycznego Systemu Informacji Geograficznej Zatoki Gdańskiej (Pyrchla, 2010; Pyrchla, Przyborski, 2011).

NetCDF to zestaw formatów danych, interfejsów programistycznych i bibliotek programowych, które wspierają tworzenie, dostęp i współdzielenie plików zawierających dane wielowymiarowe zorganizowane w tablice. Pliki NetCDF mają charakter samoopisujący, co oznacza, że zawierają informacje o zawartych w nich danych (metadane). Dzięki temu, do poprawnego zinterpretowania przechowywanych w nich danych, nie są potrzebne żadne dodatkowe informacje. Metadane zawierają informacje o zapisanych parametrach (np. o jednostce miary, prawidłowym zakresie danych, sposobie kodowania braku danych itp.), o źródle danych, a także o właściwościach geoprzestrzennych (liczba wymiarów tablic, rozdzielczość, projekcja, itp.).

NetCDF jest niezależny od architektury komputera, między innymi od sposobu zapisu liczb zmiennoprzecinkowych. Pozwala on na bezpośredni dostęp do danych, co oznacza, że dowolna część danych może być efektywnie czytana, bez wcześniejszego przeczytania danych poprzedzających. Możliwe jest też dopisywanie danych do istniejącego pliku bez zmiany jego struktury (jedynie w jednym wymiarze). Istnieje możliwość zmiany struktury plików, a także równoczesny dostęp do czytania i zapisu pliku.

Istnieją dwie podstawowe wersje formatu NetCDF: NetCDF-3 i NetCDF-4. Format NetCDF-3 realizuje klasyczny model danych NetCDF, natomiast NetCDF-4 realizuje zarówno klasyczne jak i ulepszone modele danych oraz umożliwia wewnętrzną kompresję i porcjowanie danych (ang. *chunking*). Zatem NetCDF-4 ma przewagę nad NetCDF-3, zwłaszcza w przypadku dużych plików. Porcjowanie i wewnętrzna kompresja fragmentu danych umożliwiają zwykle znacznie szybszy dostęp do zawartości pliku. Przy zapisie dużych zbiorów danych pliki NetCDF-4 mogą być 2-10 razy mniejsze niż w przypadku takich samych danych przechowywanych w NetCDF-3. Jednakże, obecnie format NetCDF nie ma wydajności kompresji wyżej wspomnianego formatu GRIB. Wersja GRIB-2 używa dynamicznego skalowania liczb zmiennoprzecinkowych do liczb całkowitych i falkowej kompresji JPEG2000 do przechowywania liczb całkowitych. To powoduje, iż pliki GRIB-2 mogą w pewnych wypadkach być 40 razy mniejsze niż NetCDF-3. Według aktualnych informacji, w celu zapewnienia większej wydajności, kolejna wersja formatu NetCDF – NetCDF-5, ma być oparta na formacie GRIB-2.

NetCDF jest formatem otwartym i można w nim zapisywać dane na wiele sposobów. Powoduje to konieczność standaryzowania sposobu opisu danych, w szczególności wprowadzania pewnych konwencji tworzenia metadanych.

Ważną cechą formatu NetCDF jest dostępność bibliotek programistycznych dla wielu systemów operacyjnych, takich jak: AIX, HP-UX, IRIX, IRIX64, Linux, MacOS X, Solaris, Windows. Plik NetCDF składa się z:

- nagłówka (*header*), w którym zapisane są metadane, czyli informacje o wymiarach, atrybutach, zmiennych,
- sekcji danych, która zawiera właściwe dane, zestawione w formie tablic wielowymiarowych.

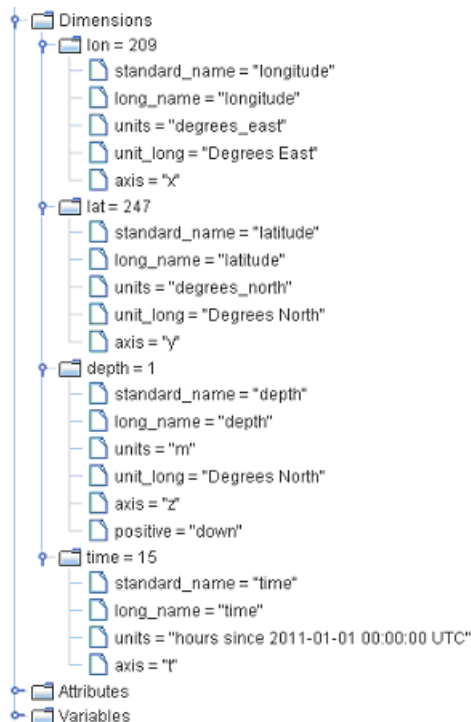
Informacja o wymiarach, atrybutach i zmiennych powinna być zapisana w konwencji atrybutów opracowanej przez *Unidata – Attribute Convention for Dataset Discovery (ACDD)*. Zapewnia to możliwość czytania plików przez liczne programy służące do wizualizacji lub przetwarzania informacji geoprzestrzennych. Konwencja określa sposób definiowania osi (określania nazw, kierunków, itp.). Przykładowe informacje o wymiarach danych zawartych w pliku NetCDF przedstawiono na rysunku 1. Plik zawiera dwuwymiarowe pola o rozmiarze 209 na 247. Oś „x” jest zdefiniowana na wschód, a oś „y” – na północ, obie są wyrażone we

współrzędnych geograficznych. Oś „z” jest natomiast zdefiniowana w dół (jednostką jest metr), a pola występują tylko na jednej głębokości. Dodatkowo występuje oś czasu „t”, której jednostką jest godzina (liczona od początku 2011 roku, wyrażona w uniwersalnym czasie koordynowanym – UTC, ang. *Universal Time Clock*).

Metadane o atrybutach (rys. 2) zawierają standardowo wiele istotnych informacji o pochodzeniu danych, o źródle danych, ich statusie, o autorach itp. Ponadto, pozwalają prawidłowo dowiązać dane geograficzne i wyskalować osie.

W ostatniej części nagłówka (rys. 3) zawarte są informacje o poszczególnych zmiennych. Dla każdego parametru można określić osobno typ danej numerycznej (liczba całkowita, liczba rzeczywista, liczba podwójnej precyzji itp.) oraz wymiary, a także wiele atrybutów. Ważnym atrybutem jest nazwa standardowa parametru (ang. *standard name*), która powinna być nadana zgodnie ze standardem CF (*Climate and Forecast Metadata Convention*). Także stosowane jednostki miar powinny być standardowe. Ponadto atrybuty pozwalają zdefiniować zakres danych oraz specjalne wartości oznaczające brak danych.

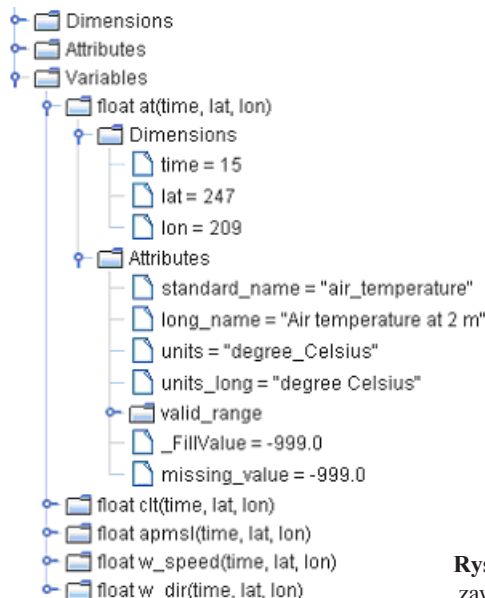
W ramach projektu Morski Sieciocentryczny System Informacji Geograficznej, w celu zapewnienia możliwie szerokiej kompatybilności, postanowiono stosować dla plików NetCDF rekomendacje zawarte w konwencji atrybutów ACDD oraz konwencji zapisu metadanych CF. Stosowanie powyższych standardów umożliwi wykorzystanie wielu aplikacji do wizualizacji i analizy danych przestrzennych. O ich popularności świadczy duża liczba stosujących je programów.



Rys. 1. Przykładowe metadane pliku NetCDF zawierające informację o wymiarach danych



Rys. 2. Przykładowe metadane pliku NetCDF zawierające informację o atrybutach



Rys. 3. Przykładowe metadane pliku NetCDF zawierające informację o wybranej zmiennej

W plikach NetCDF można zapisywać parametry w dowolnych jednostkach. Konwencja CF zaleca co prawda stosowanie tzw. jednostek kanonicznych, jednak należy pamiętać, że w systemach GIS wartości parametrów będą wyświetlane w takich jednostkach w jakich zostały zapisane. W wielu przypadkach stosowanie jednostek kanonicznych nie byłoby więc wskazane. Na przykład temperatura wody i powietrza wyświetlana byłaby w kelwinach (K), a nie w stopniach Celsjusza, natomiast ciśnienie atmosferyczne w paskalach (Pa) zamiast standardowo używanych hektopaskalach (hPa).

Specyfikacja danych meteorologicznych

Analiza dostępności danych z numerycznych modeli pogody (Kowalewski, 2010) wykazała przydatność modelu UM w wersji 6.1, jako źródła informacji o stanie i prognozie pogody. Model UM został uruchomiony i działa operacyjnie w Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (ICM) od 1997 roku (do 2008 roku w wersji 4.5). Zaletami tego modelu jest duża rozdzielczość (ok. 4 km) i wiarygodność prognoz. W obecnej wersji ICM dostarcza 48-godzinne prognozy 4 razy na dobę (co 6 godz.). Alternatywnym źródłem informacji meteorologicznych mogą być również łatwo dostępne prognozy modeli: COAMPS, uruchomionego także w ICM oraz GFS działającego w NOAA. Mają one co prawda mniejszą rozdzielczość, jednak pozwalają na prognozy w dłuższych okresach (GFS – aż do 16 dni).

Modelowe dane meteorologiczne powinny być dostarczane do Sieciocentrycznego Systemu Informacji Geograficznej Zatoki Gdańskiej w formacie NetCDF. W celu umożliwienia wizualizacji i analizy takich danych w systemie GIS (ArcGIS v.10), powinny być one zapisane w standardowy sposób (tab. 1) z uwzględnieniem konwencji ACDD oraz konwencji zapisu metadanych CF.

Tabela 1. Specyfikacja zmiennych dostarczanych z modeli pogody do Sieciocentrycznego Systemu Informacji Geograficznej Zatoki Gdańskiej

Nazwa parametru	Wysokość nad powierzchnią [m]	Standardowa nazwa CF v.18	Jednostka
Temperatura powietrza	+ 2	air_temperature	°C
Prędkość wiatru	+ 10	wind_speed	m s ⁻¹
Kierunek wiatru	+ 10	wind_from_direction	°
Ciśnienie atmosferyczne	0	air_pressure_at_sea_level	hPa
Widzialność	–	visibility_in_air	M
Opady	–	precipitation_flux	kg m ⁻² s ⁻¹
Zachmurzenie	–	cloud_area_fraction	0-1

Zastosowanie formatu NetCDF do zapisu danych z numerycznych modeli pogody umożliwia wprowadzenie informacji meteorologicznych jako warstwy w systemach GIS. System ArcGIS umożliwia symbolizację zarówno skalarnych parametrów (np. temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne, zachmurzenie), jak i pól wektorowych (prędkość i kierunek wiatru). Informacje o pogodzie mogą być wizualizowane w połączeniu z dowolnie wybranymi warstwami, na przykład ortofotomapą (rys. 4) lub mapą nawigacyjną.

W pliku NetCDF mogą być zapisane wszystkie parametry meteorologiczne. Ponadto format umożliwia zapisanie w jednym pliku serii czasowej. W przypadku danych z modeli pogody seria czasowa powinna obejmować okres prognozy (48 godz. dla danych z modelu UM).

Specyfikacja danych hydrodynamicznych

Modele hydrodynamiczne dostarczają informacji o dynamice akwenu (o prądach i falowaniu) oraz parametrów hydrologicznych (temperatura wody, zasolenie, poziom morza). Aktualnie dostępne są dane z modelu falowania WAM (Paplińska, 1999) działającego operacyjnie w ICM od 2002 roku, o niewielkiej rozdzielczości przestrzennej (ok. 16,7 km). W ramach projektu PROZA (<http://proza.ocean.univ.gda.pl>) trwają prace nad uruchomieniem w Instytucie Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego (IO UG) zagnieżdżonych modeli falowania wiatrowego: WAM – w skali regionalnej (Bałtyk i Bałtyk południowy) oraz SWAN – w skali lokalnej (Zatoka Gdańska i bezpośrednie otoczenie Portu Północnego). W przypadku modeli hydrodynamicznych (prądów), stosowane w Polsce są dwa modele operacyjne: HIROMB (Funkquist, 2001) i M3D (Kowalewski, 1997). Modele te charakteryzują się podobną rozdzielczością i wiarygodnością (Pyrchla, Kowalewski, 2009). Na potrzeby Morskiego Sieciocentrycznego Systemu Informacji Geograficznej, ze względu na łatwiejszą dostępność danych, a także na możliwość zgęszczania siatki obliczeniowej, wybrano model M3D działający operacyjnie od 1999 roku w IO UG.

Najważniejszymi parametrami charakteryzującymi pole falowania wiatrowego jest wysokość fali znacznej i średni kierunek fali (tab. 2). Wysokość fali znacznej jest standardowym parametrem statystycznym, stosowanym w oceanografii fizycznej zamiast średniej wysokości fal. Ponadto modele falowania pozwalają na wyznaczenie średniego okresu fal. Modele

Tabela 2. Specyfikacja zmiennych w plikach NetCDF dostarczanych z modeli hydrodynamicznych do Siedziocentrycznego Systemu Informacji Geograficznej Zatoki Gdańskiej

Nazwa parametru	Głębokość [m]	Standardowa nazwa CF v.18	Jednostka
Wysokość fali znacznej	–	sea_surface_wind_wave_significant_height	M
Średni kierunek fali	–	sea_surface_wind_wave_to_direction	°
Średni okres fali	–	sea_surface_wind_wave_period	S
Temperatura wody	0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 90, 100	sea_water_temperature	°C
Poziom morza	–	sea_surface_height_above_sea_level	M
Zasolenie	0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 90, 100	sea_water_salinity	‰
Prędkość prądu	0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 90, 100	sea_water_speed	m s ⁻¹
Kierunek prądu	0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 90, 100	direction_of_sea_water_velocity	°

hydrodynamiczne (cyrkulacji) pozwalają na prognozę temperatury i zasolenia wód, a także na wyznaczenie kierunku i prędkości prądów morskich. Parametry te dostarczane powinny być na głębokościach standardowych: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 90, 100 metrów. Ponadto modele hydrodynamiczne powinny dostarczać prognozy poziomu morza.

Podobnie jak w przypadku danych pochodzących z numerycznych modeli pogody, zastosowanie formatu danych NetCDF pozwala na zapisanie w pojedynczym pliku kilkunastu prognoz wielu parametrów na różnych głębokościach. Dane takie mogą być w systemach GIS automatycznie dowiązane geograficznie i nałożone jako dodatkowa warstwa na inne mapy, na przykład ortofotomapę lub morską elektroniczną mapę nawigacyjną (rys. 5 i 6). Można ponadto wybrać głębokość oraz czas, dla którego ma być prezentowana mapa. System ArcGIS v.10 pozwala także na tworzenie animacji przedstawiających zmiany poszczególnych parametrów w czasie. Właściwe interpretowanie czasu jest związane z koniecznością stosowania standardowych metadanych (atrybutów i informacji o wymiarach danych).

Podsumowanie

Rejon odpowiedzialności morskich służb państwowych Rzeczypospolitej Polskiej obejmuje południowy obszar Morza Bałtyckiego, któremu jako całości brak znamion oceanicznego basenu (Łomniewski, 1975). Bałtyk jest morzem stosunkowo małym, o niewielkich głębokościach, ze średnią głębokością 56 m, dużą liczbą ławic i płytkich wód poniżej 20 m, na przykład: Ławica Pomorska, Słupska, Orla, Odrzana i inne. Trudno jest zatem w tym akwenie znaleźć rejony, w których kierunek oraz prędkość prądów morskich i wiatrów były na tyle stabilne aby szacować dla celów operacyjnych ich uśrednione wartości. Dotyczy to całego Morza Bałtyckiego, a w szczególności znacznej części polskiej strefy odpowiedzialności. Dużą pomocą w tym wypadku mogą być dane z numerycznych modeli hydrodynamicznych i meteorologicznych.

W artykule, autorzy starali się wykazać, że w procesie planowania działań operacyjnych w rejonie wód przybrzeżnych można odwołać się do hydrometeorologicznych informacji przestrzennych. Zastosowanie formatu NetCDF pozwala w prosty sposób wprowadzać na morskie mapy elektroniczne informacje geoprzestrzenne pochodzące z numerycznych modeli pogody, falowania i hydrodynamicznych. Stosowanie odpowiednich konwencji zapisu metadanych gwarantuje łatwość tworzenia wizualizacji oraz możliwość analiz w systemie GIS.

Autorzy przedstawili metody, które zastosowali do wizualizacji niezbędnych dla nich danych środowiskowych. Aktualne krótkookresowe prognozy pochodzące z numerycznych modeli matematycznych – obejmujące: warunki meteorologiczne (prędkość i kierunek wiatru, temperaturę, wilgotność i ciśnienie atmosferyczne), hydrologiczne (temperatura wody, zasolenie, poziom morza) i hydrodynamiczne (prądy morskie, stan sfalowania) – są podstawą do generowania dodatkowych warstw dla map elektronicznych. Na przykładzie Morskiego Sieciocentrycznego Systemu Informacji Geograficznej Zatoki Gdańskiej, opracowanego przez zespół, do którego należeli autorzy niniejszego artykułu, wykazali, że tego typu dane są niezbędne, gdy zaczyna się wykorzystywać je do realizacji zadań operacyjnych w strefie przybrzeżnej. Informacje pozyskiwane w ramach systemu uzupełniają informacje dostarczane przez standardowe mapy elektroniczne (ENC) w urządzeniach okrętowych zobrazowania elektronicznych map i informacji nawigacyjnej (ECDIS – *Electronic Chart Display and Information System*).

Literatura

- Funkquist L., 2001: HIROMB an operational eddy resolving model for the Baltic Sea. *Bull. Mar. Inst.* v. 28, no. 2: 7-16, Gdańsk.
- Kowalewski M., 1997: A three-dimensional, hydrodynamic model of the Gulf of Gdańsk, *Oceanol. Stud.* 26 (4): 77-98.
- Kowalewski M., 2010: Analiza możliwości zastosowania numerycznych modeli hydrodynamicznych Bałtyku do zasilania Morskiego Sieciocentrycznego Systemu Informacji Geograficznej Zatoki Gdańskiej. Raport, 16 s.
- Łomniewski K., Mańkowski W., Zaleski J., 1975: *Morze Bałtyckie*. PWN, Warszawa.
- Paplińska B., 1999: Wave analysis at Lubiatowo and in the Pomeranian Bay based on measurements from 1997/1998 – comparison with modelled data (WAM4 model), *Oceanologia* 41 (2): 241-254.
- Pietrzak S., 2010: Rozwój koncepcji Dodatkowych Warstw Wojskowych w okresie ostatnich 10 lat, *Przeгляд Hydrograficzny* nr 6.
- Pyrchla J., 2008: Zastosowanie teorii zbiorów rozmytych do reprezentacji informacji wzrokowych wspomagających lokalizację obiektów na powierzchni morza. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne, AGH Kraków, 150 s.
- Pyrchla J., Przyborski M., 2008: Wykorzystanie informacji przestrzennej o prądach morskich w planowaniu akcji ratowniczych na morzu, *Roczniki Geomatyki* t. 6, z. 4, PTIP, Warszawa: 117-126.
- Pyrchla J., Kowalewski M., 2009: Dokładność przestrzennych danych z hydrodynamicznych modeli Bałtyku a bezpieczeństwo w polskim rejonie odpowiedzialności SAR, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, t. XIX.
- Pyrchla J., 2010: Wpływ danych geoinformatycznych na planowanie akcji ratowniczych w polskiej strefie SAR, *Roczniki Geomatyki* t. 8, z. 1, PTIP, Warszawa.
- Pyrchla J., Przyborski M., 2011: Środowiskowy system informacji geograficznej elementem zabezpieczenia działań operacyjnych w strefie przybrzeżnej. *Roczniki Geomatyki* t. 9, z. 1, PTIP, Warszawa: 103-114.
- Pyrchla J., Przyborski M., 2011: Fuzja systemów ECDIS i GIS na terenach portów. *Roczniki Geomatyki* t. 9, z. 1, PTIP, Warszawa: 115-120.

Słownik skrótów

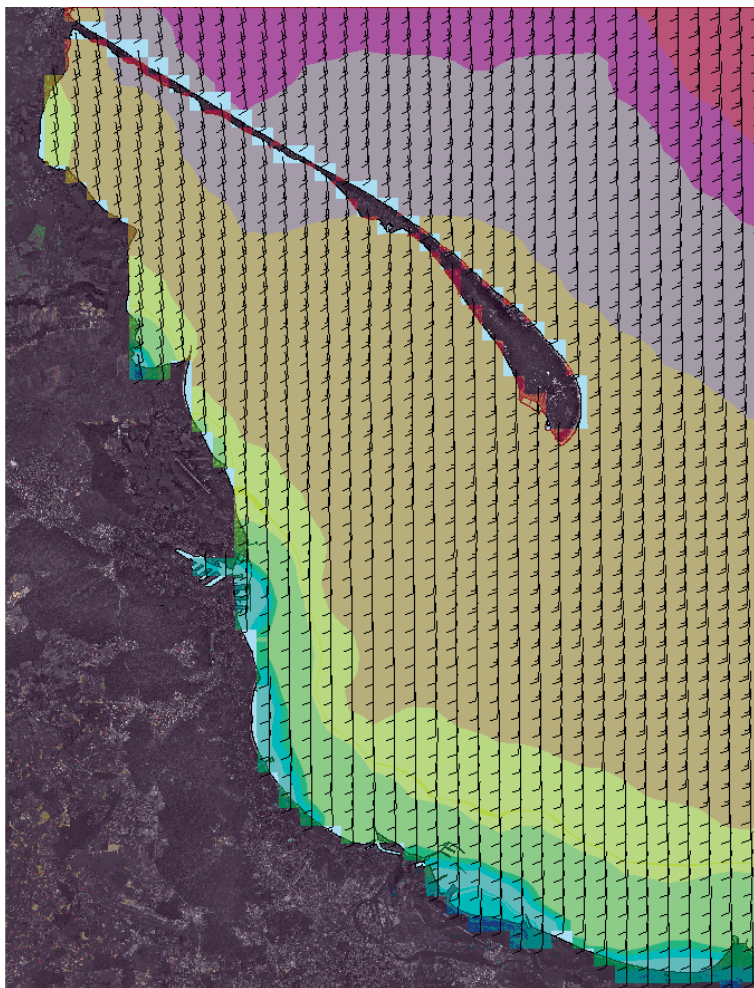
ACDD	Attribute Convention for Dataset Discovery	Konwencja atrybutów zalecanych do opisu zestawu danych w plikach NetCDF
AML	Additional Military Layers	Wojskowe dodatkowe warstwy informacyjne
ArcGIS		Pakiet programów przeznaczonych do Systemów Informacji Geograficznej (GIS) stworzony przez firmę ESRI
CF	Climate and Forecast Metadata Convention	Konwencja zapisu metadanych dla klimatu i pogody zapisanych w NetCDF
COAMPS	Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System	Mezoskalowy model pogody rozwijany przez Laboratoria Badawcze Marynarki Wojennej USA (Naval Reseach Laboratory)
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System	System wizualizacji elektronicznych map nawigacyjnych
GFS	Global Forecasting System	Globalny numeryczny model prognoz pogody amerykańskiej służby meteorologicznej (NOAA)
GIS	Geographical Information System	System Informacji Geograficznej. System informatyczny służący do gromadzenia, analiz i wizualizacji danych geoprzestrzennych
GRIB	GRid in Binary	Standard wymiany numerycznych danych Światowej Organizacji Meteorologicznej
HIROMB	High Resolution Operational Model for the Baltic Sea	Trójwymiarowy operacyjny model hydrodynamiczny Bałtyku
IHO	International Hydrographic Organization	Międzynarodowa Organizacja Hydrograficzna
M3D	Model 3D	Trójwymiarowy operacyjny model hydrodynamiczny opracowany w Instytucie Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego
NCW	Network Centric Warfare	Sieciocentryczne działania wojenne
NetCDF	Network Common Data Form	Standard wymiany danych pochodzących z numerycznych modeli oceanograficznych i meteorologicznych
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	Amerykańska Narodowa Służba Oceaniczna i Meteorologiczna
S-57	Transfer Standard for Digital Hydrographic Data	Standard Wymiany Cyfrowych Danych Hydrograficznych
SWAN	Simulating WAVes Nearshore	Spektralny model falowania dla strefy brzegowej
UCAR	University Corporation for Atmospheric Research	Uniwersytecka Korporacja Badań Atmosfery - konsorcjum ponad 75 uniwersytetów, centrum badań atmosferycznych i pokrewnych
WAM	WAVE Model	Prognostyczny model falowania wiatrowego trzeciej generacji

Abstract

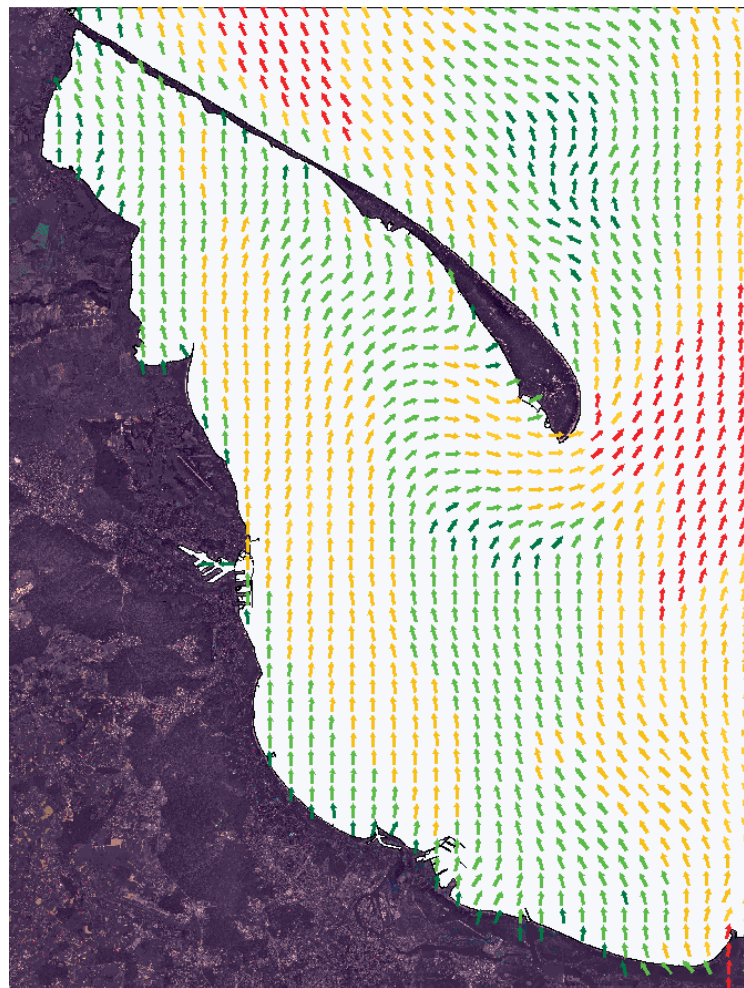
To ensure security and safety in the coastal areas it becomes necessary to undertake research to integrate environmental data. This paper reveals the effects of work taken to build charts integrating electronic navigational chart with photo chart of coastal terrain as well as with hydrodynamic and meteorological data from numerical models. The paper is focused on problems connected with creation of network centric environment which integrates data available in several different formats with special attention to NetCDF, a format developed by UCAR (University Corporation for Atmospheric Research). Using NetCDF format makes it easy to collect geospatial information from numerical weather and hydrodynamic models in GIS. The use of appropriate conventions for writing metadata provides a friendly visualization and data analysis in GIS. The results of the research presented were obtained within the development project No O R00 0105 11 funded by National Research and Development Centre in Poland.

dr hab. inż. Jerzy Pyrchla, prof. AM
j.pyrchla@am.szczecin.pl

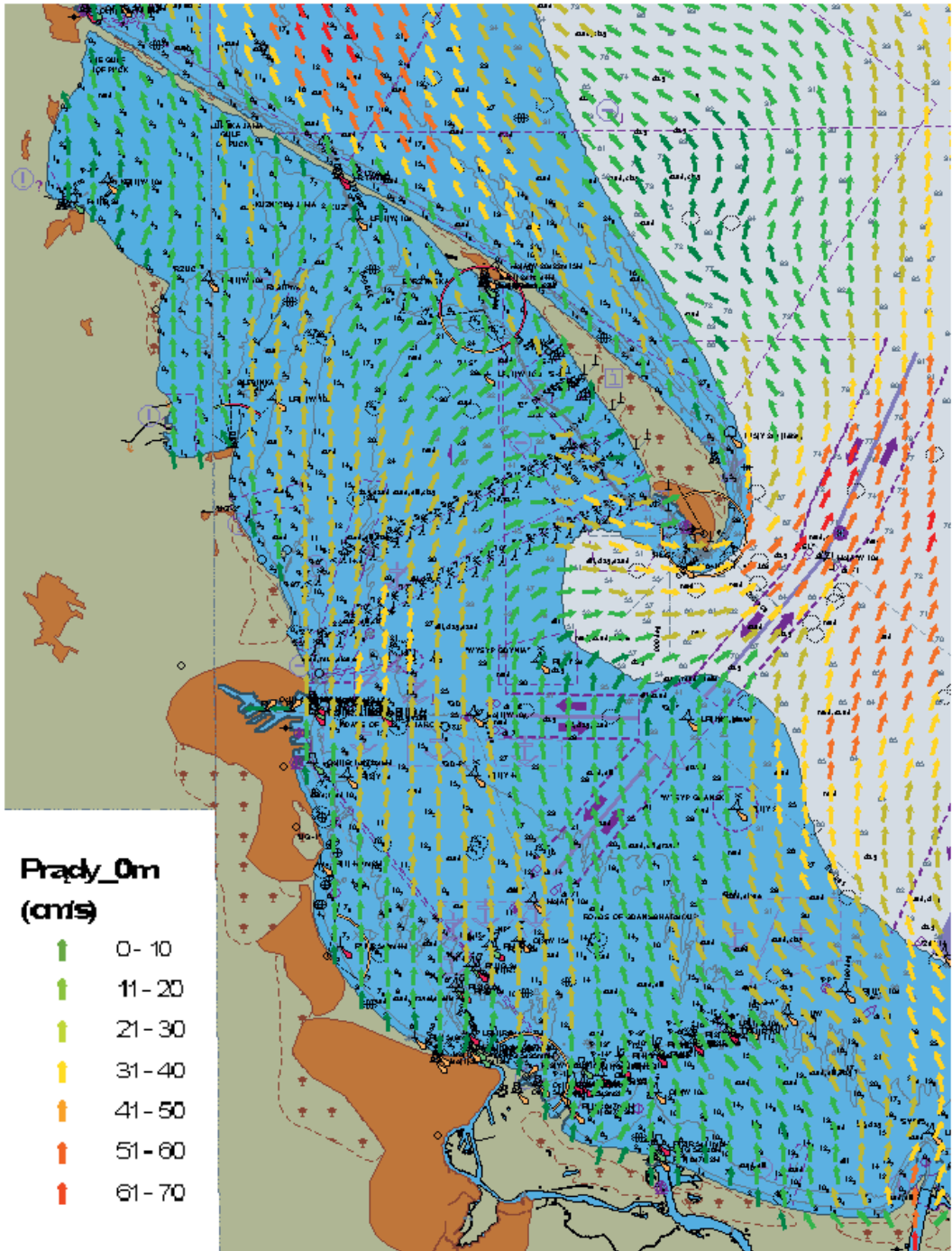
dr Marek Kowalewski
ocemk@univ.gda.pl



Rys. 4. Wizualizacja pola wiatru i temperatury powietrza zapisanych w pliku NetCDF oraz ortofotomapy w rejonie Zatoki Gdańskiej w systemie ArcGIS v.10



Rys. 5. Prądy powierzchniowe zapisane w pliku NetCDF nałożone jako dodatkowa warstwa na ortofotomapę w rejonie Zatoki Gdańskiej w systemie ArcGIS v.10



Rys. 6. Prądy powierzchniowe w rejonie Zatoki Gdańskiej zapisane w pliku NetCDF nałożone jako dodatkowa warstwa na mapę ENC w systemie ArcGIS v.10