

PRZYBORSKI Marek ¹
PYRCHLA Jerzy ²
SERAFIN Marcin ³
JANOWSKI Artur ⁴

Rola GIS w badaniach środowiska morskiego

WSTĘP

Możliwość badania, analizowania i wizualizacji danych GIS-owych w prosty sposób poprzez dobrą, szybką aplikację, która może bezproblemowo integrować georeferencyjne dane z różnych źródeł jest wielką potrzebą środowiska naukowego. Dostępność nowoczesnych metod wizualizacji danych, w tym danych georeferencyjnych, jest już możliwa z poziomu podstawowych funkcji narzędzi do geowizualizacji (przykładem takim może być komercyjny ArcGIS firmy ESRI, ale również powszechnie dostępny, czołowy program GIS – open source, bezpłatny GRASS – ang. *Geographic Resources Analysis Support System*). Do podobnych, darmowych narzędzi GIS tego rodzaju należą także Quantum GIS, SAGA GIS, MapWindow GIS, ILWIS czy Microdem. Postępowanie z danymi w tego typu programach, zapisywanie ich w różnych formatach oraz wykonywanie analiz, można modyfikować za pomocą skryptów i wspierających aplikacji tworzonych w językach programowania takich jak np. Python, Visual Basic czy C++. Chociaż tego typu aplikacje, jako cząstkowe pewnych programów naukowych funkcjonują na wysokim poziomie, istnieje ciągła potrzeba ich polepszania i rozwoju oraz kompatybilności do zastosowań oraz przydatności do wykonywania obliczeń numerycznych, analiz naukowych na podstawie danych zgromadzonych podczas badań.

W przedstawianych przykładach autorzy artykułu chcą pokazać możliwość wykorzystania połączenia systemu: wirtualnej maszyny Java / Java 3D, Visualization Toolkit oraz ostatnio wprowadzonego przez firmę ESRI narzędzia ArcGIS Engine do opracowania zintegrowanej aplikacji obliczeniowej. Połączenie takie, daje możliwość stworzenia naukowego narzędzia zdolnego do wykonywania obliczeń niezbędnych w analizie danych oceanograficznych, ale także w kontekście logistyki transportu morskiego. Coraz więcej naukowców zaczyna wykorzystywać systemy informacji geograficznej w swojej pracy, przykładem może być chociażby biologia morza, geologia, transport lądowy i morski czy archeologia, które dzięki nowym możliwościom prezentacji danych i wyników badań uzyskują nową jakość. Połączenie narzędzi projektowych Javy, VTK daje możliwość uruchomienia programu na każdym współcześnie istotnym systemie (Linux, Windows, Unix, Mac) i sprzęcie oraz zdecydowanie upraszcza proces tworzenia aplikacji. Jedną z możliwości, jakie dają też inne platformy programistyczne jest połączenie metod analizy przestrzennej udostępnionych poprzez ArcGIS Engine, z możliwościami Javy, VTK, co pozwala na stworzenie narzędzia umożliwiającego dokonywanie złożonych analiz oraz wizualizacji gromadzonych i przetwarzanych danych z wykorzystaniem grafiki 3D, używanej przez programistów na całym świecie.

1. NAUKOWY GIS

Systemy informacji geograficznej (GIS) zapewniają wysoki poziom funkcjonalności dla tworzenia analiz przestrzennych, ale nie są jeszcze zdolne rozszerzać te analizy o funkcje potrzebne do stworzenia prawdziwie „naukowego GIS”. Przykłady funkcji, których brakuje to analiza szeregow

¹ Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Geodezji;
ul. Narutowicza 11/12, 80-233Gdańsk. Tel: + 48 58 347-28-69, marek.przyborski@pg.gda.pl

² Akademia Morska w Szczecinie, Wydział Nawigacyjny;
ul. Wały Chrobrego 1-2, 70-500 Szczecin. Tel: + 48 91 480-94-66, jerzy.pyrchla@gmail.com

³ Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte w Gdyni;
ul. Śmidowicza 69, 81-103 Gdynia. Tel: + 48 58 626-26-52, marcinserafin1@wp.pl

⁴ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Instytut Geodezji;
ul. Oczipowskiego 2, 10-718 Olsztyn, artur.janowski@geodezja.pl

czasowych, wyspecjalizowane obliczenia objętościowe, możliwość dodawania cech, atrybutów rozszerzeń np. zestawienie rejonów niebezpiecznych dla transportu, obszaru występowania ryb drapieżnych lub obliczenia i wizualizacja tras przemieszczania się zjawisk naturalnych lub poruszania się wybranych organizmów morskich (interesujących z naukowego punktu widzenia), możliwość wyznaczania tras przemieszczania się ssaków morskich przez określone akwenty np. baseny wód ziemnych. Generalnie można powiedzieć, iż problem stanowi integracja danych generowanych w innych aplikacjach naukowych czy też zawierających specyficzne formaty prezentacji danych powszechnie przyjęte w obszarze naukowym. To źle świadczy o niektórych programach, że formaty zapisanych baz danych, czy wyników pomiarów nie zawsze są akceptowane przez oprogramowanie GIS-owe (np.: format netcdf, powszechnie wykorzystywany do zapisu danych oceanograficznych). Język programowania Java ze swoimi zastosowaniami w GIS [1] oraz szereg algorytmów wizualizujących VTK, w połączeniu może być użyty do obliczeń naukowych oraz wykonywania analiz danych lub przystosowany do obróbki danych przestrzennych z wykorzystaniem możliwości graficznych, jakie oferuje VTK. Zebrane dane przestrzenne, można przy pomocy języka Java przedstawić, jako pewien rodzaj wykresu z wykorzystaniem zmiennych typu – [x; y; z]. W systemach informacji geograficznej relacje topologiczne między poszczególnymi obiektami określają zestaw reguł dotyczących klas obiektów, które w sposób jednoznaczny opisują związki przestrzenne między nimi oraz pozwalają na reprezentacje wspólnych elementów geometrii. Funkcje dla języka Java, określające wizualizację, jak projekcja, np. obliczenia nachylenia zbocza i analiza przestrzenna, choć są domeną tego języka, jednakże mogą być łatwo rozszerzone o skrypty napisane w innych językach, które mogą zostać zintegrowane w ramach jednego programu obliczeniowego. To, co jest zależy od zastosowanego formatu lub języka zapisu danych. Aby umożliwić wymianę infrastruktury informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej w dniu 14 marca 2007 roku została ustanowiona Dyrektywa Parlamentu Europejskiego INSPIRE (ang. *Infrastructure for Spatial Information in Europe*), której głównym celem jest utworzenie infrastruktury informacji przestrzennej w Unii Europejskiej. Dyrektywa ta ma zastosowanie głównie do informacji przestrzennej publicznej, w takim stopniu, aby było możliwe łączenie w jednolity sposób danych przestrzennych pochodzących z różnych źródeł oraz korzystanie z nich przez wielu użytkowników i dużą liczbę aplikacji. [2,11]. Jednocześnie w 1994 roku powołano do życia Open GIS Consortium (w 2004 roku nazwę zmieniono na OGC ang. *Open Geospatial Consortium*) międzynarodową organizację zajmującą się opracowaniem, wdrażaniem i udostępnianiem otwartych standardów wymiany informacji przestrzennej. Ustalono, iż standardem do kodowania, rozpowszechniania i gromadzenia informacji geograficznej będzie język GML (ang. *Geography Markup Language*) [3,10]. Natomiast w przypadku spraw związanych z meteorologią, czy oceanografią 31 marca 2009 roku powstała grupa robocza, zespół do spraw infrastruktury obszarów morskich, badań hydrograficznych pod nazwą MODWG OGC (ang. *Meteorology and Oceanography Domain Working Group*), który zajmuje się wymianą danych związanych z działalnością w środowisku morskim.

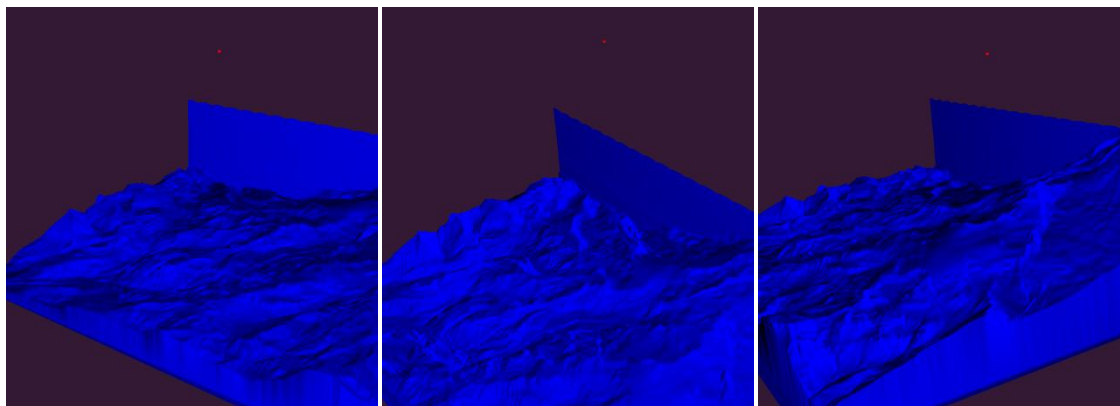
Przedstawianie danych w postaci 3D otwiera nowe możliwości wizualizacji i interpretacji gromadzonych danych i dokonywanych na nich analiz. Jedną z przykładowych przeglądark tego typu jest wtyczka VRML (przeglądarka, plugin 3D), umożliwiająca wizualizację danych naukowych i pozwalająca użytkownikowi na interakcję poprzez obracanie, pomniejszanie, powiększanie i przesuwanie. Korzystanie z funkcji nawigacyjnych z poziomu pulpitu zazwyczaj jednak wymaga osobnej wtyczki VRML do zainstalowania. Natomiast w przypadku geoinformacji istnieje obecnie bardzo dobry i obowiązujący prawnie, przytaczany wcześniej język GML i kilka zaawansowanych narzędzi (np. Aristoteles Viewier – GML 3D) oraz aplikacji 3D (np. CityGML). Przykładami najpopularniejszych standardów OGC oprócz GML są: WMS – *Web Map Service*, WFS – *Web Feature Service*, czy KML – *Keyhole Markup Language*. [5,6,10]. Przykładem formatu niezwiązanego z żadną organizacją standaryzującą a bardzo popularnego jest GeoJSON.

2. TRENDY ROZWOJU OPROGRAMOWANIA NAUKOWEGO

Narzędzia napisane w języku Java wykorzystane zostały do stworzenia aplikacji OceanGIS, która jest jedną z prób zbudowania systemu GIS zdolnego do wykonywania analiz przydatnych z naukowego punktu widzenia. Wykorzystane w nim mechanizmy mogą być również połączone z oprogramowaniem komercyjnym np. ESRI ArcEngine. ArcGIS Engine jest zbiorem elementów GIS i zasobów dla programistów, których elementy można osadzać, z opcją dodawania dynamicznych map i użycia możliwości GIS. Programiści używają ArcGIS Engine do wdrażania danych GIS, w mapach i skryptach, geoprzetwarzaniu i aplikacjach mobilnych – niestety ograniczonych tylko do platformy Microsoft Windows.

Przedstawiana przeglądarka OceanGIS jest przykładem poszukiwania nowych trendów i rozwiązań w oprogramowaniu naukowym, które można zauważyć w ostatnim czasie. Programy takie jak ArcGIS nie są tworzone z myślą o zastosowaniach naukowych, a o szerokiej rzeszy użytkowników, świadczy tu z reguły standardowy zakres dokonywanych analiz, niewystarczający jednak z naukowego punktu widzenia dla danego analizowanego środowiska. Nowa filozofia konstruowania oprogramowania naukowego promuje wykorzystywanie tzw. pluginów (dedykowany dodatkowy moduł w oprogramowaniu), które mogą być tworzone osobno i w bardzo prosty sposób integrowane z programem głównym. Pozwala to entuzjastom takich rozwiązań na tworzenie specjalistycznych rozszerzeń, które mogą dostosowywać do swoich własnych specyficznych potrzeb a następnie udostępniać je innym borykającym się z tym samym problemem. Jakość tych rozwiązań nie zawsze jest doskonała musi podlegać weryfikacji przed użyciem w konkretnym projekcie. Kolejnym bardzo ważnym elementem decydującym o popularności tego typu oprogramowania i filozofii jego tworzenia jest otwartość kodu źródłowego. Każdy może dowolnie modyfikować jego zawartość zachowując warunki licencji otwartej GNU i udostępniać swoje wersje publicznej krytyce i weryfikacji. Podobną tendencję obserwuje się na przykład w środowisku przeglądarek internetowych. Celem jest tutaj udostępnianie tego typu narzędzi dla wielu potencjalnych użytkowników szczególnie ze środowiska naukowego i to nie tylko zajmującego się np. GIS-em, a może nawet szczególnie dla tych, którzy w swojej pracy wykorzystują systemy informacji geograficznej do obliczeń numerycznych oraz wizualizacji swoich analiz.

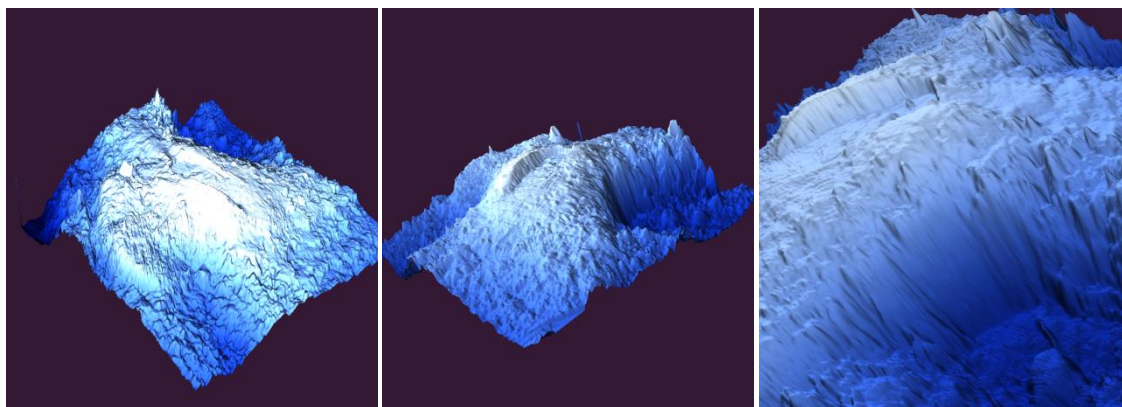
Narzędzia, będące implementacją w tego typu oprogramowaniu pomagają zapisywać dane do formatu zgodnego ze specyfikacją danych GIS. Powstałe w ten sposób środowisko zgromadzonych danych, może być również doskonałym zbiorem do wykorzystania nie tylko w nauce, ale np. dla specjalistów, decydentów odpowiedzialnych za wyszukiwanie właściwych rozwiązań w przypadku wypadków, czy też katastrof na morzu, gdzie integracja danych pochodzących z różnych źródeł, często niemających charakteru danych przestrzennych, w formacie kompatybilnym z systemem GIS jest kluczem do właściwego wypracowania decyzji. Na przykład do sprawnego przeprowadzenia akcji ratowniczej, czy też operacji usuwania z powierzchni wody rozlewiska substancji niebezpiecznej dla środowiska morskiego.



Rys. 1. Numeryczny model terenu NMT, wykonany dla danych batymetrycznych.

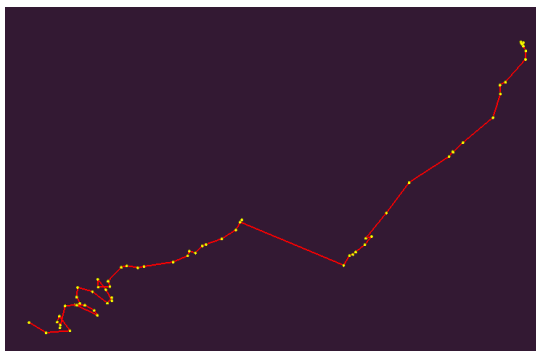
Specjalistyczne „pluginy” przeznaczone są do wykonywania obliczeń oraz przestrzennych analiz naukowych oraz importowania danych georeferencyjnych w celu dokonywania dalszych, bardziej szczegółowych analiz, a także wizualizacji niezbędnych dla indywidualnych zastosowań, co można zobaczyć na rysunku nr 1.

Język programowania Java umożliwia pisanie samodzielnych aplikacji graficznych 3D. To umożliwia programistom tworzenie modeli 3D i dokonywanie zmian w ich geometrii oraz zarządzanie renderowaniem obrazu. Przykłady przedstawiono na rysunku nr 2.

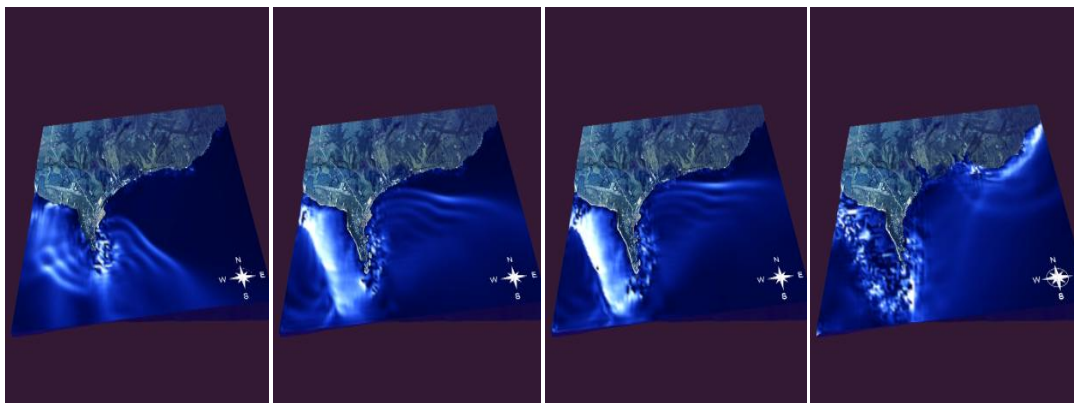


Rys. 2. Przykład wizualizacji graficznej obszaru dna morskiego przy pomocy VTK, wykonany techniką, z wykorzystaniem położenia źródła światła względem danego obiektu.

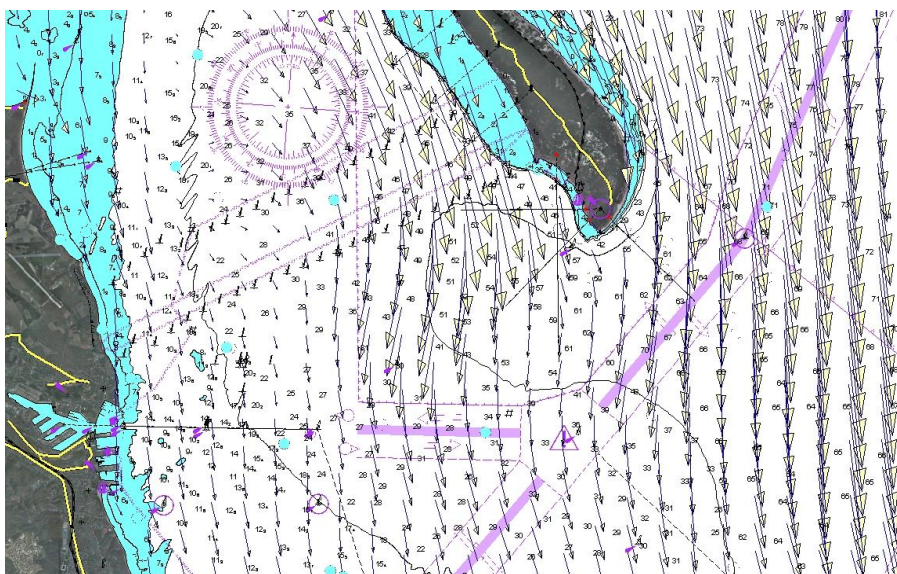
Kolejnym pomocniczym przykładem systemu wizualizacji 3D może być przytaczany wcześniej pakiet graficzny o nazwie *Visualization Toolkit* (VTK – www.kitware.com). Jest on narzędziem czysto graficznym, skrzyżowaniem platformy programowej 3D, interfejsu programowania aplikacji i bibliotek renderowania (tworzenia obrazów na modelach geometrycznych). Posiada możliwość filtracji danych, obliczania szybkiej transformacji Fouriera (*FFT – Fast Fourier Transform*), modułu Gaussa, filtracji Sobela, permutacji, wysoko i niskoprzepustowych filtrów Butterwortha, dywergencji oraz obliczania gradientu. VTK pozwala na łatwą interakcję z danymi, oraz wykorzystanie *Message Passing Interface (MPI)* zalet tzw. przetwarzania równoległego. Analizy takie zostały przedstawione na rysunkach 3, 4 i 5.



Rys. 3. Trasy przemieszczania się boi pomiarowych w jednym z badanych eksperymentów.



Rys. 4. Przykład rozchodzenia się fali tsunami.



Rys. 5. Przykład integracji danych pochodzących z 3 źródeł: ortofotomapa, jako reprezentacja lądu; elektroniczna mapa morska – komórka S-57 oraz dane dotyczące predykcji prądów powierzchniowych uzyskane z modelu hydrodynamicznego.

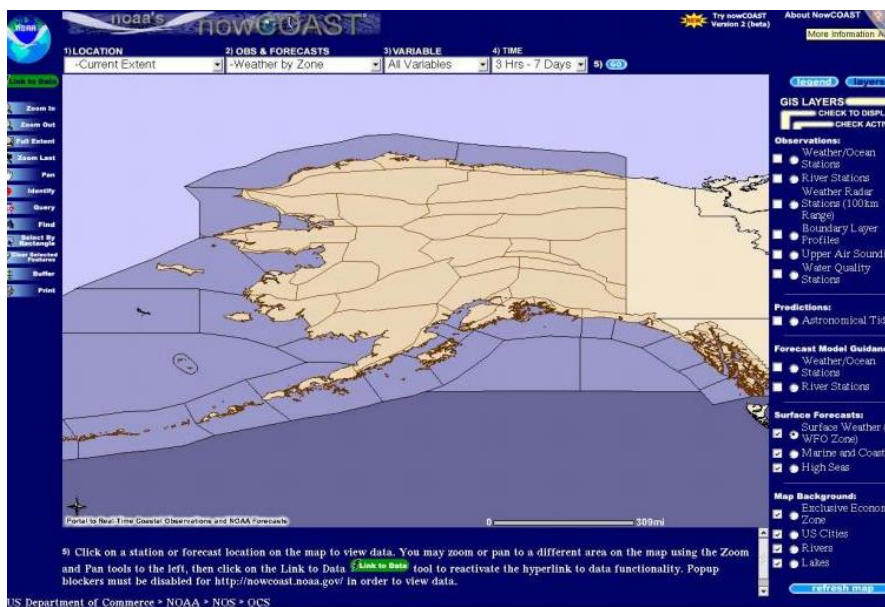
WNIOSKI

Autorzy artykułu, po analizie zgromadzonego materiału w oparciu o dane z Ocean GIS, chcą zwrócić uwagę na fakt, iż tworząc kombinację Java / Java 3D i GIS, zapoczątkowano zbudowanie aplikacji dla projektu „nowCoast” NOAA – Narodowej Agencji Badania Oceanu i Atmosfery i Krajowej Służby Rybołówstwa (NMFS). Projekt „nowCoast” biura Coast Survey (Biura Pomiarów), ma za zadanie zapewnić możliwość dostępu deweloperom, twórcom modeli danych i społeczności naukowej ukierunkowanej na badania w strefie przybrzeżnej, do jednego modelu danych meteorologicznych, oceanograficznych, informacji opisowych o rzekach i powietrzu w czasie rzeczywistym [9]. Portal internetowy projektu „nowCoast” (<http://nowcoast.noaa.gov/viewer.htm>) może być dobrym przykładem systemu umożliwiającego pobieranie danych do wykonywania obliczeń oraz tworzenia analiz przestrzennych. Dostarcza on informacje z NOAA w zakresie prognoz środowiskowych dla głównych ujść rzek monitorowanych przez NOAA, portów morskich, przyległych regionów przybrzeżnych jak i Wielkich Jezior. Przykład prezentuje rysunek 6.

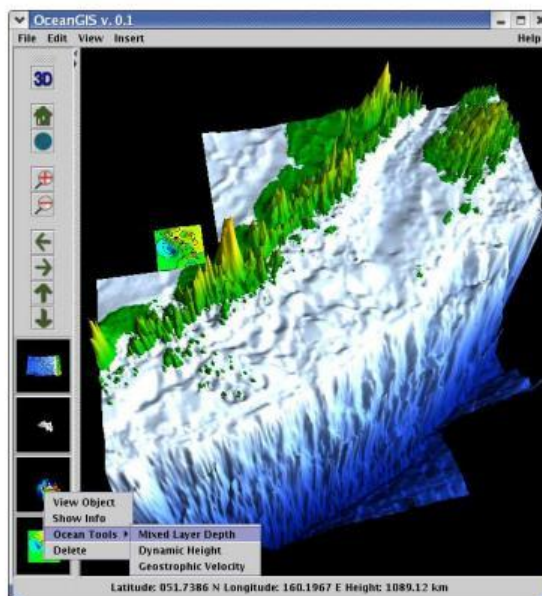
W założeniach twórcy projektu „nowCoast” mają zamiar go rozbudować przez dodanie usprawnień w zakresie wizualizacji 3D i narzędzi do analizy przestrzennej. Miałyby one objąć tworzenie wykresów 2D i 3D z wykorzystaniem zmiennych w programie, tworzenie wykresów 2D np. prędkości od punktu wejściowego w postaci wykresu kolumnowego oraz zdolność do wyświetlenia danych zadanego modelu w środowisku 3D. Pozwoli to naukowcom obliczać różne

statystyki danych, generować wykresy przecięcia się wektorów i wizualizować obiekty w grafice 3D. Obiekty te mogą przedstawiać obszary, akweny występowania ssaków morskich i trasy przejścia ławic ryb; mogą pokazywać ilości, obszary gatunków ryb drapieżnych oraz przemieszczanie się mas wody, takich jak np. zimne baseny.

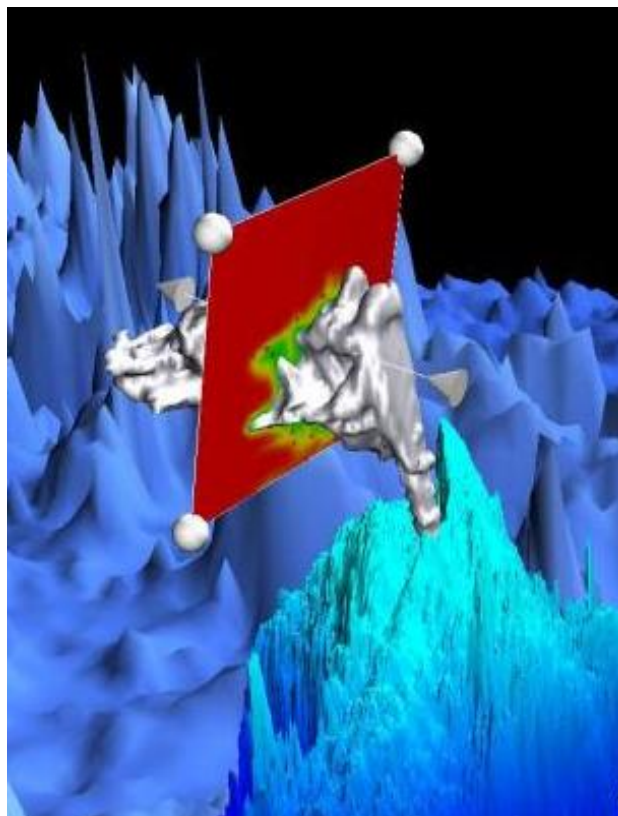
W przypadku bardziej skomplikowanych danych pomiarowych, takich jak np. hydrograficzne (batymetria dna morskiego), wizualizowane są zależności obrazujące wpływ niektórych zmiennych na wynik danej analizy. Przykładem tutaj mogą być np. oceanograficzne parametry dynamiczne takie jak: wysokość, głębokość warstwy mieszanej i gradientowy prąd geostroficzny.



Rys. 6. Portal internetowy projektu NowCoast - portal internetowy z wykorzystaniem ArcIMS [http://nowcoast.noaa.gov/viewer.htm]



Rys. 7. OceanGIS z paskiem narzędziowym po lewej stronie panelu pulpitu – ikony oraz narzędzia w przedstawianym przykładzie dostępne dla zbioru danych hydrograficznych. [http://www.pmel.noaa.gov/vrl/OceanGIS]



Rys. 8. OceanGIS 3D – wizualizacja zbioru danych z pomiarów zebranych sondą CTD .

Na rysunku 7 pokazana jest zmiana batymetrii, wg wybranego zbioru danych [8,9], Wysp Aleuckich. Wymiar pionowy jest celowo przesadzony, aby pokazać czytelnikowi wykop Aleutów. Pomiary sondą CTD (ang. *Conductivity Temperature Depth Profiler*) wykonano na północ od archipelagu, dane importowano w formacie *shapefile* a głębokość warstwy mieszanej obliczano za pomocą metody krigingu (metoda geostatystyczna, metoda ustalania przybliżonych wartości parametru na danym obszarze np. procent zawartości metalu w rudzie, na podstawie pomiarów tego parametru wykonanych w różnych punktach; w GIS stosujemy metodę krigingu do uśredniania, środkowania otoczenia sąsiedztwa) [4,7] (Rysunek 7). Natomiast Rysunek 8 pokazuje dane batymetryczne o wyższej rozdzielczości (tzw. dane *multibeam* tj. wielowiązkowe), jak również wygenerowany model danych z sondy CTD (Rysunek 8).

Chociaż żadna z prezentowanych technologii sama w sobie nie jest kompletna, to połączenie ich z GIS stanowi dosyć dobre narzędzie i mechanizm tworzący początek naukowego systemu informacji geograficznej. Integracja danych z różnych źródeł w jednym środowisku, takim jak GIS jest od dawna kierunkiem działań, do którego zmierza rozwój ogólnodostępnego oprogramowania naukowego. Przykład takiego systemu przedstawiono na Rysunku 5.

Szczególnie istotne są możliwości, jakie GIS środowiska morskiego daje przy planowaniu podróży oraz bezpieczeństwie żeglugi. Temat ten jest ważny, ale jednocześnie dotyka szerokiego aspektu i artykuł ten stanowi swoisty wstęp do dyskusji nad rozwiązaniami, które mogą być przydatne w analizach i procesach realizowanych w ramach logistyki transportu morskiego.

Streszczenie

Środowisko morskie nadal pozostaje „białą plamą” z punktu widzenia systemów GIS. Trudno jest znaleźć analogie pomiędzy cyfrowym modelem terenu a danymi batymetrycznymi, ponieważ odzwierciedlają one tylko jedno z możliwych obliczy środowiska morskiego, drugim bardzo ważnym, jest falowanie. Jednakże dopiero informacja wspólna o batymetrii i falowaniu jest naprawdę wartościowa dla ludzi korzystających z morza zawodowo. Mając do dyspozycji dane w zbiorach z różnych źródeł można po ich przetworzeniu, uzyskać bardziej szczegółowy i wiarygodny obraz zadanej sytuacji lub generować obliczenia i wykonywać niezbędne

analizy. Artykuł prezentuje jedną z koncepcji wizualizacji danych dotyczących środowiska morskiego, która stanowi zarazem środowisko umożliwiające dokonywanie analiz ważnych z naukowego punktu widzenia.

The role of GIS in the analysis of sea environment

Abstract

The marine environment is still a “blank spot” in terms of GIS systems. It is difficult to find parallels between the digital terrain model and bathymetric data, because they reflect only one possible calculate the marine environment, the second very important, is waving. However, only shared information about bathymetry and waving is really valuable for people enjoying the sea professionally.

Only the data collection coming from different sources and collected in the form processing, let us present a more detailed and reliable picture of the desired situation or to perform calculations and generate the necessary analysis. The article presents one of the concepts of data visualization in the sea environment, which constitutes the new state of the art for the data analysis from a scientific point of view.

BIBLIOGRAFIA

1. Janowski, A., Szulwic, J. 2004. *Współczesne narzędzia programistyczne na usługach fotogrametrii i SIP*, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 14.
2. Gaździcki J., *Aktualne problemy rozwoju infrastruktur geoinformacyjnych*, Wrocław 19.11.2003,
3. Bray A., Damage St., 2012: *OGC Market Report – Open Standards and INSPIRE*, Open Geospatial Consortium 25/04/2012,
4. Longley Paul A., Michael F. Goodchild, David J. Maguire, David W. Rhind, *GIS – teoria i praktyka*, Redakcja naukowa Artur Magnuszewski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006,
5. Michalak J., 2010: *Transformacja polskich danych przestrzennych do modeli INSPIRE*, Roczniki Geomatyki, Tom VIII, Zeszyt 4(40) Warszawa 2010,
6. Pachelski W., 2010: *Modelowanie danych przestrzennych*, Roczniki Geomatyki, Tom VIII, Zeszyt 4(40) Warszawa 2010,
7. Urbański J., 2008: *GIS w badaniach przyrodniczych*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008,
8. Vance C. Tiffany; Moore Christopher; Merati Nazila, 2012: *OceanGIS – PMEL scientific visualization website*, <http://www.pmel.noaa.gov/vrl/OceanGIS> , viewed 16/07/2012,
9. Vance C. Tiffany; Moore Christopher; Mesick Sharon, 2006: *Integrating oceanographic models with GIS – ROMS and beyond*, NOAA/NMFS/PMEL/NCDDC, Seattle, Washington,
10. Zwoliński Zb., 2009: *GIS – platforma integracyjna geografii*. Wydawnictwo Naukowe Bogucki, Poznań 2009,
11. Basista I., Bydłoz J., Cichociński P., 2010: *Some examples of using GML for the Exchange of Polish geoinformation resources*, Annals of Geomatics, Volume VIII, Number 5(41) Warszawa 2010,