

**OPRACOWANIE I WIZUALIZACJA NUMERYCZNYCH MODELI
TERENU ORAZ DNA MORSKIEGO DLA POTRZEB
GEOINFORMATYCZNEGO SYTEMU OCHRONY PORTU**

**MODELING AND VISUALIZATION OF DIGITAL TERRAIN MODEL
AND SEA BOTTOM FOR PORT SECURITY GEOINFORMATIC SYSTEM**

Jacek Łubczonek, Grzegorz Zaniewicz

Wydział Nawigacyjny, Katedra Geoinformatyki, Akademia Morska w Szczecinie

SŁOWA KLUCZOWE: ochrona portu, numeryczny model terenu, numeryczny model dna, system geoinformatyczny

STRESZCZENIE: Ochrona terenów portowych jest istotnym zadaniem wpływającym na bezpieczeństwo pracowników, ładunków oraz jednostek pływających znajdujących się na terenie portu. Na rynku światowym istnieje wiele rozwiązań wspierających służby ochrony, w których implementuje się rozwiązania technologii GIS.

W związku z tym, że jednym z zadań realizowanych za pomocą systemu geoinformatycznego ochrony portu jest ocena panującej sytuacji, przeprowadzanie analiz przestrzennych czy monitoring jednostek operacyjnych, istotnym elementem, na który należy w szczególności zwrócić uwagę jest numeryczny model terenu oraz numeryczny model dna. Odpowiednio opracowane modele, jak również poziom ich szczegółowości, wpływają bezpośrednio na efektywność przeprowadzania zadań operacyjnych.

Niniejsza praca przedstawia założenia opracowania i wizualizacji NMT oraz NMD w systemie geoinformatycznym ochrony portu. W szczególnym przypadku związane jest to z wizualizacją trójwymiarową, gdzie założono możliwość prezentacji informacji w różnych poziomach szczegółowości. Do opracowania modeli wykorzystano dane z pomiarów o wysokiej gęstości: sondy interferometrycznej i laserowego skaningu lotniczego. Końcowym opracowaniem jest połączony model numerycznego modelu dna oraz terenu jak również różne koncepcje ich wizualizacji.

Prace badawcze finansowane są ze środków na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy.

1. WSTĘP

Bezpieczeństwo w portach morskich na całym świecie reguluje Międzynarodowa Organizacja Morska (IMO), która po zamachach terrorystycznych z 2001 roku, wprowadziła szereg poprawek do *Międzynarodowej konwencji o bezpieczeństwie życia na morzu* (SOLAS). Głównym dokumentem, regulującym zasady utrzymania bezpieczeństwa terenów portowych stał się *Międzynarodowy kodeks ochrony dla statków i obiektów portowych* (kodeks ISPS) (Stateczny et al., 2012).

Opierając się na przepisach zawartych w konwencjach, na terenie każdego portu realizowane są zadania stanowiące zabezpieczenie działań portowych, transportu i składowania ładunków (w szczególności niebezpiecznych).

Podstawowym elementem ochrony jest zazwyczaj człowiek, wspomagany różnymi rozwiązaniami technicznymi, m.in. systemem monitoringu telewizji przemysłowej. W wielu większych portach, wprowadza się jako uzupełnienie systemu ochrony – rozbudowane narzędzia GIS.

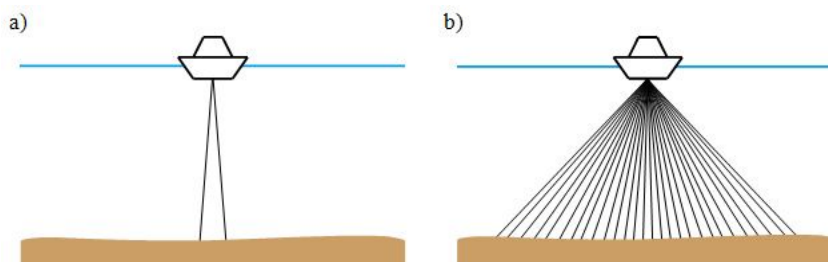
W głównej mierze, wspomagać mają one konwencjonalne rozwiązania ochrony, poprzez szczegółowe wektorowe mapy obszarów portowych wraz z podkładem ortofotomapy, zintegrowane z danymi zmiennymi w czasie (np. poruszające się statki lub patrole mobilne). Takie systemy wyposażone są standardowo w narzędzia do analiz przestrzennych, planowania operacji awaryjnych oraz zarządzania monitoringiem.

Wychodząc na przeciwko trendom i wymaganiom światowego rynku, zespół Katedry Geoinformatyki Akademii Morskiej w Szczecinie, realizuje projekt „Geoinformatyczny system zabezpieczenia działań operacyjnych związanych z ochroną portów od strony morza”, którego celem jest integracja zobrazowań 2D i 3D wraz z technologią sensorów MEMS.

2. OPRACOWANIE NMD i NMT

Do opracowania numerycznego modelu dna (NMD) akwenu objętego systemem ochrony wykorzystano hydrograficzne systemy pomiarowe. W dzisiejszej hydrografii stosuje się głównie dwa urządzenia do akwizycji danych, a są to: echosondy jednowiązkowe, wielowiązkowe lub interferometryczne. Oba urządzenia pracują na takiej samej zasadzie, czyli mierzą czas przejścia fali akustycznej od przetwornika, wytwarzającego falę akustyczną promieniowaną kierunkowo, do dna i po odbiciu powracającej do przetwornika (Makar, 2003).

Echosonda jednowiązkowa (*ang. Single beam echosounder*) charakteryzuje się tylko jedną wiązką akustyczną (rys. 1a), mierzącą głębokość w punkcie. Echosondy wielowiązkowe (*ang. Multibeam echosounder*) emitują od kilku do kilkuset pojedynczych wiązek akustycznych oddalonych od siebie o dany kąt, dzięki czemu otrzymuje się szeroki pas przeszukania sondowanego akwenu (rys. 1b). Równoważną gęstość pomiaru można otrzymać stosując sondę interferometryczną.



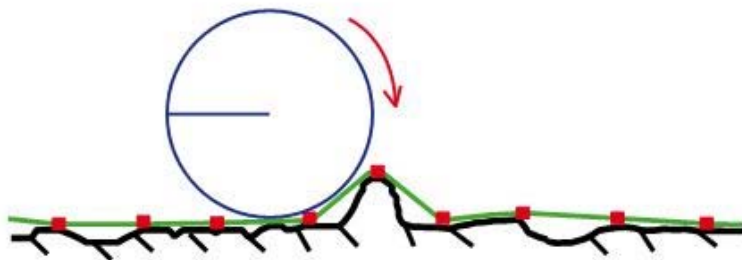
Rys. 1. Schemat działania echosondy a) jednowiązkowej b) wielowiązkowej
(Źródło: Opracowanie własne na podstawie IHO (2011))

W realizowanym projekcie wykorzystano system batymetryczny *GeoSwath Plus*, co pozwoliło na akwizycję dużej ilości punktów pomiarowych, które posłużyły do budowy modelu 3D.

Głównym elementem systemu pomiarowego, zainstalowanego na jednostce pomiarowej Hydrograf XXI była głowica z dwoma przetwornikami o częstotliwości 250 kHz wraz z czujnikiem ruchu, kompensującym ruch jednostki. Dzięki zastosowaniu techniki interferometrii w wykorzystanej echosondzie, uzyskano 100% pokrycie sondowanego akwenu. Pozycjonowanie pomiarów realizowano poprzez zastosowanie odbiornika GPS-RTK pracującego z poprawkami ze stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS oraz kompasu satelitarnego wskazującego wektor poruszania się jednostki.

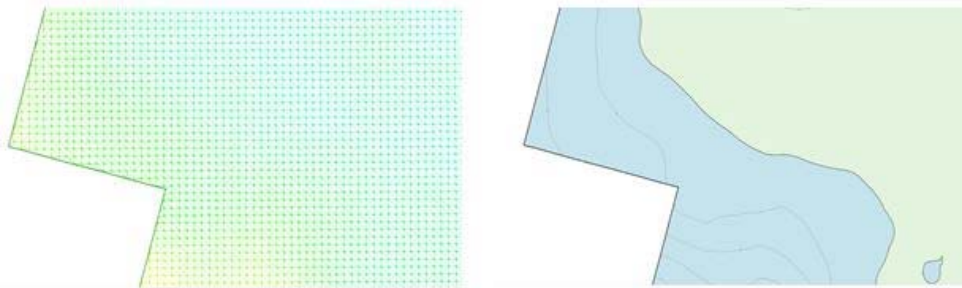
Pierwszym etapem po zebraniu danych, jest ich obróbka. Jest to ważny element w całym procesie tworzenia NMD, który wpływa na końcowy produkt. Do kompleksowego przygotowania danych wykorzystano hydrograficzną linię produkcyjną elektronicznych map nawigacyjnych firmy Caris. Obróbka danych polega na oczyszczeniu ich z błędów odbicia sygnału akustycznego, ale również wskazań urządzeń peryferyjnych systemu, tj. pozycji, kursu, danych z czujnika ruchu. Po oczyszczeniu danych batymetrycznych, chmura punktów została poddana eksportowi do siatki GRID z której zostały wyselekcjonowane punkty w węzłach siatki o rozdzielczości 1x1m.

Przed wygenerowaniem nowych, wektorowych produktów kartograficznych, generalizuje się wcześniej utworzoną powierzchnię. Na tym etapie zastosowano generalizację podwójnego buforowania powierzchni 3D (ang. *3D Double Buffering*). Algorytm ten wygładza powierzchnię, redukując mało istotne zmiany w układzie dna, jednocześnie podkreślając te miejsca, które są najpłytsze. Jego działanie można porównać do toczącej się po powierzchni kuli (rys. 2), której rozmiary uzależnione są od skali warstwy wynikowej oraz nowej założonej rozdzielczości.



Rys. 2. Schemat działania generalizacji podwójnego buforowania
(Źródło: Opracowanie własne na podstawie instrukcji technicznej firmy Caris (2012))

Przygotowując powierzchnię, z której powstają kontury głębokości oraz obszary głębokości (są to obszary definiujące bezpieczną głębokość na mapach ENC), zastosowano metodę trójkątowania z dostosowaniem powierzchni do elementów linii brzegowej (rys. 3). Dzięki tej metodzie dane otrzymują poprawny związek topologiczny pomiędzy obiektem typu ląd i woda.



Rys. 3. Model TIN przed wygenerowaniem izobat (po lewej) i wygenerowane izobaty (po prawej). (Źródło: Opracowanie własne)

Tak przygotowany model, ma szerokie zastosowanie. Oprócz podstawowego, którym jest opracowywanie warstw do nawigacyjnych map elektronicznych i powiązanych z hydrografią produktów mapowych (Stateczny et al., 2012), wykorzystuje się go w planowaniu rozmieszczenia hydroakustycznych sensorów wykrywania płetwonurków oraz podwodnych obiektów ruchomych. Kolejnym zastosowaniem, może być planowanie trasy dla bezzałogowych pojazdów ochrony (*ang. Underwater Security Vehicle*), które dzięki zastosowanym sensorom, są w stanie zabezpieczać podwodną część portową.

Kolejnym modelem wykorzystanym w systemie geoinformatycznym ochrony portu jest numeryczny model terenu. Do opracowania NMT wykorzystano chmurę punktów pozyskaną metodą lotniczego skaningu laserowego (dane do badań udostępniła firma GISPRO ze Szczecina). W procesie tworzenia NMT z chmury punktów wykorzystano oprogramowanie Lidar Analyst, które jest rozszerzeniem oprogramowania ArcGIS. Opracowanie NMT z danych lidarowych zrealizowano etapowo. W pierwszym etapie przetworzono chmurę punktów do formatu rastrowego, tworząc dwa oddzielne pliki dla pierwszego oraz ostatniego odbicia impulsów. W drugim etapie rastry wykorzystano do ekstrakcji NMT, korzystając z dodatkowych opcji wykrycia obszarów z brakiem danych i usuwaniem zakłóceń (*ang. spikes and pits*). Dodatkowo dostosowano parametry wydzielenia NMT związane z obszarami porośniętymi drzewami, progowym nachyleniem terenu płaskiego i stromego czy minimalnym obszarem NMT. W procesie ekstrakcji NMT zastosowano interpolator przestrzenny spline (*Hierarchical Spline Interpolator*). Trzeci etap obejmował finalne opracowanie NMT polegające na jego modyfikacji. Konieczność modyfikacji wynikała z tego, że na terenie portowym istnieje duża ilość obiektów utrudniających poprawną ekstrakcję NMT. Należą do nich przede wszystkim różnego rodzaju ładunki, inne składowane konstrukcje (np. łopaty wirnika turbiny wiatrowej), samochody, pojazdy przeładunkowe oraz inne. Lidar Analyst umożliwia dokonanie modyfikacji poprzez stworzenie warstwy, w której deklaruje się typ modyfikacji z jednoczesnym wyznaczeniem jej obszaru. Dodatkowo, wykorzystano filtr dolnoprzepustowy w celu wygładzenia powierzchni.

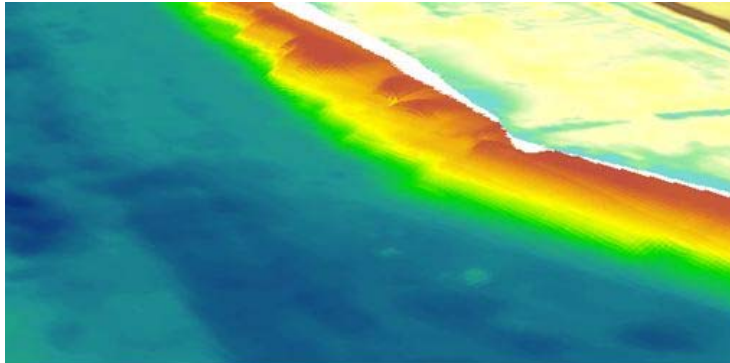
Opracowane modele umożliwiły w dalszym etapie włączenie ich do projektu, jak również ich łączenie. Proces opracowania może przebiegać odmiennie w zależności od wykorzystanego oprogramowania, niemniej jednak wymaga to zastosowania odpowiednich technik i narzędzi zarówno w przypadku NMT jak również NMD. Dla potrzeb projektu

zakłada się dokładność opracowania NMD zgodnie z przyjętymi standardami hydrograficznymi dla obszaru specjalnego (IHO 2008). Natomiast w przypadku NMT błąd średniokwadratowy nie powinien przekraczać 0.35 m (błąd obliczony z wykorzystaniem punktów pomierzonych techniką GPS RTK), zaś błąd maksymalny - 0.5 m. Wymagania dokładnościowe odnośnie opracowanego NMT mogą być również ustalane indywidualnie przez docelowego użytkownika systemu.

3. ASPEKTY ŁĄCZENIA MODELI NMT I NMD

W projekcie zakłada się łączenie modeli na poziomie agregacji warstw jak również wykorzystanie połączonego, jednolitego modelu. W pierwszym przypadku modele zachowują ciągłość przestrzenną, niemniej jednak mają ograniczone możliwości w zakresie przeprowadzania analiz przestrzennych. Główna funkcjonalność tego rozwiązania polega na możliwości rozłącznej prezentacji danych. Dotyczy to zastosowania odrębnych zmiennych graficznych, jak również możliwości włączenia lub wyłączenia warstwy. Analizy przestrzenne mogą być przeprowadzone na pojedynczym modelu, ponieważ nie można w ten sposób uzyskać powierzchni statystycznie ciągłej. Problem powstaje, gdy w analizach należy wykorzystać obydwa modele. Przypadek taki występuje podczas wyznaczania marszruty obejmującej część lądową oraz wodną, gdzie pozyskuje się informacje batymetryczne i wysokościowe modeli. Innym zastosowaniem jest wyznaczenie przekroju koryta rzeki z uwzględnieniem części lądowej. W związku z powyższym istnieje dodatkowo potrzeba implementacji łączonego modelu.

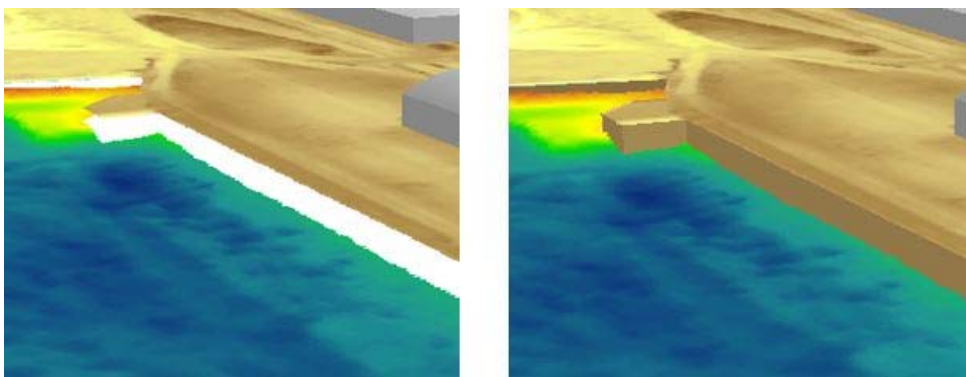
Przypadek rozdzielnej wizualizacji modeli związany jest w zasadzie z dodaniem ich do projektu, a następnie z zastosowaniem odpowiednich form wizualizacji. Model połączony wymaga stałego zespolenia modeli w jednym pliku. Modele można połączyć również wykorzystując narzędzia geoprzetwarzania czy modelowania danych w formacie TIN lub rastrowym. Problem stanowi linia łączenia, którą jest zwyczajowo linia brzegowa. Spójność topologiczną modeli można bezproblemowo uzyskać na odcinkach, na których występują betonowe nabrzeża. W obszarach, gdzie brak jest nabrzeży, należy wykorzystać naturalną linię brzegową. Linia ta jest zazwyczaj zmienna i jej przebieg uzależniony jest od wahań poziomu wody, stąd należy oczekiwać w jej sąsiedztwie braku danych na styku modeli. Zazwyczaj różne okresy pozyskiwania danych inicjują powstanie omawianych rozbieżności. Brak danych można uzupełnić ponownym pomiarem lub w przypadku niewielkich ich wartości uzupełnić stosując interpolację przestrzenną. Miejsca takie, charakteryzujące się niepewnością danych, w zależności od potrzeb powinny być odpowiednio oznaczone. Spowodowane jest to większym prawdopodobieństwem wystąpienia nieciągłości modelu, której przyczyną może być np. znaczna zmiana głębokości w przyległej części akwenu. Przykładowe braki danych występujące w obszarach linii brzegowej zilustrowano na rysunku 4.



Rys. 4. Łączenie modeli NMT i NMD na granicy naturalnej linii brzegowej (obszary bez danych oznaczono kolorem białym) (Źródło: Opracowanie własne)

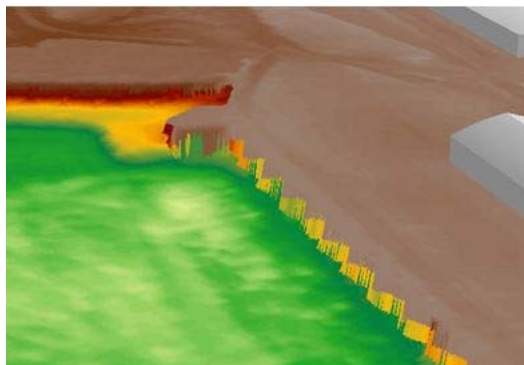
4. WIZUALIZACJA MODELI

Jak można zauważyć, powyższe problemy przekładają się bezpośrednio na sposób wizualizacji rozważanych modeli. W pierwszym przypadku modele są opracowane w granicach linii brzegowej, przy czym w przypadku linii brzegowej naturalnej należy spodziewać się niespójności topologicznej. W przypadku modeli rastrowych pojawia się kolejny problem, związany z modelowaniem pionowych elementów nabrzeży. Model rastrowy, ze względu na swoją strukturę, sam w sobie uniemożliwia stworzenie pionowych powierzchni. O ile w przypadku dużej rozdzielczości rastra może być to niezauważalne, o tyle w przypadku mniejszych już tak. Nachylenie powierzchni może uniemożliwić jednoznaczne rozróżnienie nabrzeża od skarpy i odwrotnie. Proponowanym rozwiązaniem jest zastosowanie modelu wektorowego (pozyskanego metodą wektoryzacji 3D), jako łącznika pomiędzy modelem terenu i dna. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest jednoznaczna identyfikacja nabrzeży portowych (w celu łatwiejszej identyfikacji można również zastosować kontrastową barwę). Przykład proponowanej formy wizualizacji przedstawiono na rysunku 5.



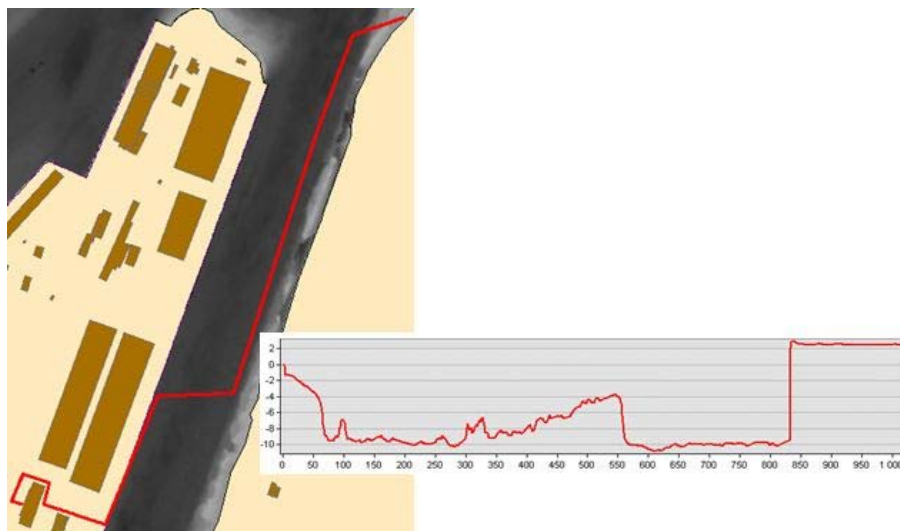
Rys. 5. Zastosowanie wektorowej warstwy jako pionowego elementu nabrzeży (na rysunku lewym widok modeli przed zastosowaniem łączenia) (Źródło: Opracowanie własne)

W przypadku modelu jednolicie połączonego sytuacja wygląda odmiennie, głównie za sprawą połączenia modeli w miejscach ich styku (rys. 6). Wizualnie trudniej zidentyfikować jednoznacznie nabrzeża, aczkolwiek będzie to niejednokrotnie uzależnione od oprogramowania. Szczególnie należy zwrócić uwagę na możliwość stosowania dodatkowej rozdzielczości wizualizacji rastra (zwiększa płynność wizualizacji 3D), która nie odzwierciedla kształtu powierzchni równoważnej jego rzeczywistej rozdzielczości.



Rys. 6. Wizualizacja łączonego modelu w miejscu ich styku
(Źródło: Opracowanie własne)

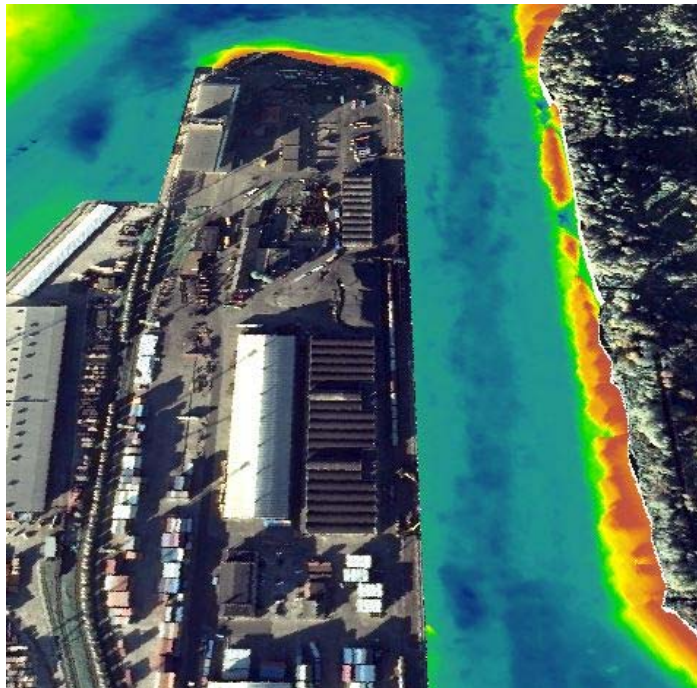
Nie stanowi to z kolei problemu w przeprowadzaniu analiz przestrzennych. Przykładowe wyznaczenie głębokości akwenu i wysokości terenu na długości planowanej marszruty zilustrowano na rysunku 7. Taki sposób wspomaganie planowania marszruty umożliwia szczególnie analizę głębokości w rejonach brzegowych, jak również analizę zmian wysokości terenu.



Rys. 7. Wyznaczenie danych wysokościowych na drodze planowanej marszruty
(Źródło: Opracowanie własne)

5. ŁĄCZENIE NMT I NMD Z DANymi OBRAZOWYMI

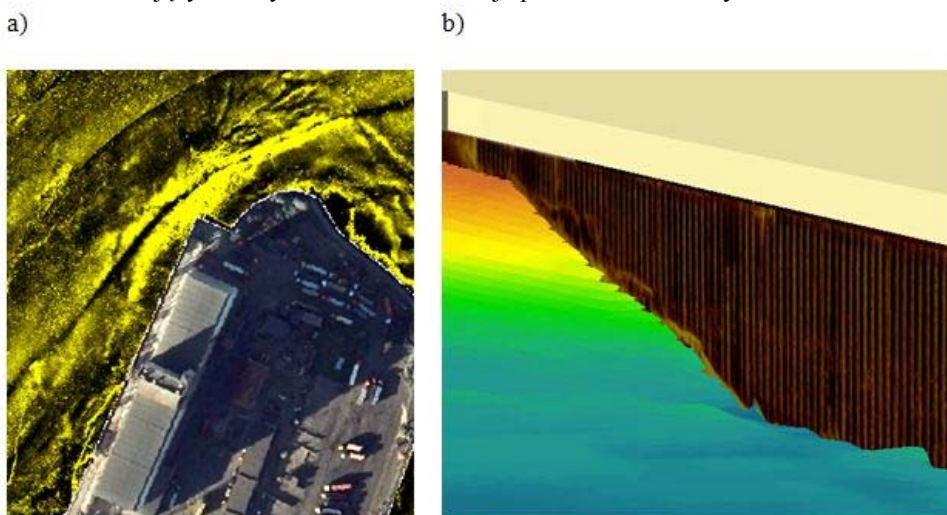
Łączenie numerycznych modeli terenu z danymi obrazowymi jest obecnie często stosowane. W przypadku zastosowań w opracowywanym systemie geoinformatycznym, ortofotomapa wnosi wiele dodatkowych informacji, których nie uwzględniają opracowania kartograficzne. Dotyczy to w dużej mierze obiektów ruchomych (statki, samochody), ale również ładunków gromadzonych na terminalach lub placach przeładunkowych. Informacje te uzupełniają tradycyjną treść mapy o bardziej realistyczne odwzorowanie terenu i wszystkich obiektów na nim się znajdujących. Dzięki nim w sposób zbliżony do naturalnego można postrzegać rzeczywistość, a co za tym idzie zwiększać zasób informacji potrzebny do podejmowania decyzji. Zawsze dyskusyjne pozostaje aktualność zobrazowania teledetekcyjnego, niemniej jednak stanowi ono cenne źródło informacji w rozważanym systemie geoinformatycznym (rys. 8). W założeniach systemu zakłada się aktualizację ortofotomapy o rozdzielczości 0.15 cm.



Rys. 8. Wizualizacja numerycznego modelu terenu z danymi obrazowymi, widok perspektywiczny. (Źródło: Opracowanie własne)

W module wizualizacji założono również łączenie obrazów sonarowych z numerycznym modelem dna oraz nabrzeży. Obrazy sonarowe dostarczają szczegółowych informacji o obiektach znajdujących się na dnie. Może to być obiekt podlegający działaniom operacyjnym, taki jak ładunek wybuchowy, jak również potencjalna przeszkoda nawigacyjna. Obiekty takie można również wymiarować łącznie z ustaleniem ich

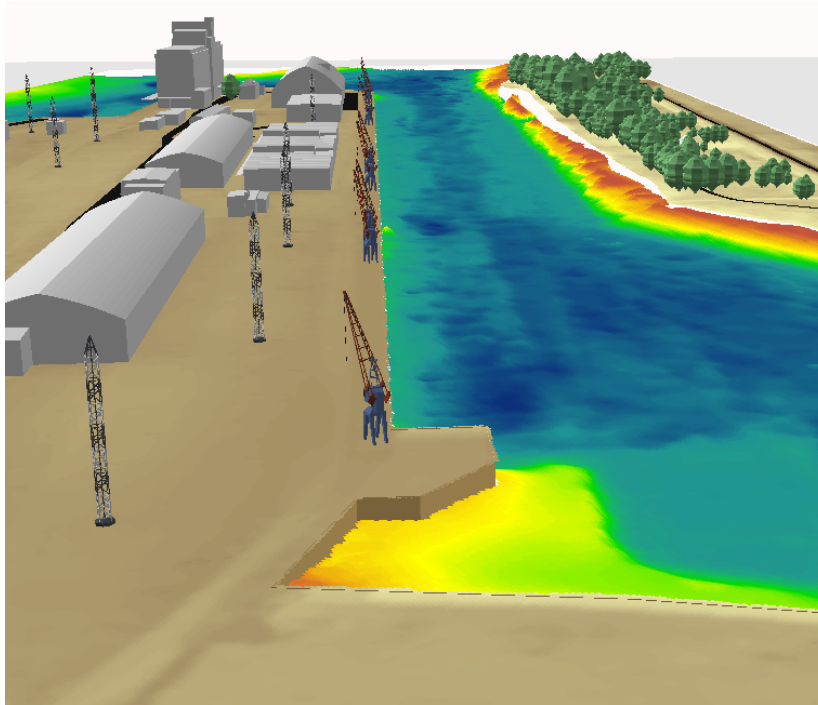
wysokości. Podobna sytuacja dotyczy nabrzeży, których obrazy sonarowe pozyskano sonarem skanującym. Przykładowe wizualizacje przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Obrazy sonarowe nałożone na NMD (a) oraz nabrzeże (b)
(Źródło: Opracowanie własne)

6. ZAŁOŻENIA WIZUALIZACJI NMT I NMD

W module mapowym systemu założono dwa sposoby wizualizacji. Pierwszy to standardowa wizualizacja dwuwymiarowa, drugi to wizualizacja 3D. Założenia projektowe mapy w zobrazowaniu 2D zostały omówione we wcześniejszej pracy (Łubczonek et al 2012). Moduł mapowy 3D zakłada zobrazowanie w czterech poziomach szczegółowości, zbliżonych do poziomów szczegółowości standardu CityGML. Poziom 0 przedstawia mapę 2D w widoku perspektywicznym. Potrzeba taka wynika z wizualizacji aktualnej pozycji jednostek operacyjnych z pominięciem obiektów 3D, które mogą je potencjalnie przesłaniać. Widok perspektywiczny umożliwia natomiast wizualizację większej części mapy w porównaniu z tradycyjnym zobrazowaniem 2D. Zarówno ląd jak i akwen prezentowane są jako obiekty poligonowe. W poziomie 1 przedstawiono NMD w postaci obszarów głębokości, natomiast NMT (w postaci modelu blokowego) jest wyniesiony do średniej wysokości terenu. W poziomie 2 uwzględniono przestrzenne modele dna oraz terenu opracowane z pomiarów wysokogęstościowych z odpowiednio dobraną skalą kolorów (rys. 10). W poziomie 3 dodatkowo dochodzą obrazy sonarowe dna, nabrzeży oraz ortofotomapa. Łącznie z obiektami portowymi docelowo ten poziom szczegółowości przedstawia scenę fotorealistyczną.



Rys. 10. Przykładowy widok obszaru opracowania w poziomie szczegółowości LOD2
(Źródło: Opracowanie własne)

7. WNIOSKI

Opracowanie NMT i NMD dla potrzeb geoinformatycznego systemu ochrony portu wymaga wykorzystania danych o dużej gęstości. Dedykowanymi systemami wykorzystanymi do ich akwizycji są systemy sonarowe i lidarowe. Opracowane modele cechuje możliwość poprawnego odwzorowania szczegółów terenowych, które są istotne z punktu przeprowadzania zadań operacyjnych na wodzie i lądzie. Można do nich zaliczyć identyfikację obiektów umieszczonych na dnie zbiornika, przyczepionych do nabrzeży, jak również analizować ukształtowanie terenu. Do tego dochodzi możliwość określenia ich wymiarów. Istotnym aspektem jest łączenie modeli. Jednak ze względu na specyfikę środowiska wodnego spowodowaną wahaniami poziomu wód wyznaczana linia brzegowa może się zmieniać w czasie. Prowadzi to do powstania pomiędzy modelem NMT i NMD obszarów z brakiem danych. W rozważanym systemie zaproponowano pozostawienie tych obszarów w przypadku odcinków łączenia na naturalnej linii brzegowej, natomiast uzupełnienie ich w przypadku braku danych wynikających z wyniesienia powierzchni w skrajnych częściach nabrzeży. Kolejnym rozważanym zagadnieniem jest łączenie danych obrazowych z modelami powierzchni. Dotyczy to zarazem części lądowej i podwodnej opracowania. Sonogramy, jak również ortofotomapa dostarczają dodatkowych informacji, które stanowią uzupełnienie podstawowej treści kartograficznej mapy.

Podczas prac testowych stwierdzono, że połączone w całość modele NMT i NMD mogą niepoprawnie odzwierciedlać rzeczywisty kształt modelowanych powierzchni. Dotyczy to modelu rastrowego, który ze względu na swoją strukturę generalizuje powierzchnię, co w przypadku prostopadłych powierzchni nabrzeży może pogorszyć ich rozróżnienie od skarpy (efekt pozornego nachylenia). Dodatkowo model ten, ze względu na większy zakres wysokości, przy zastosowaniu jednolitej skali kolorów zmniejsza rozróżnialność szczegółów terenowych oraz dna. Natomiast jako warstwa sprawdza się w pozyskiwaniu informacji wymagających obliczeń na jednolitym modelu, np. podczas planowania marszrut.

8. LITERATURA

Caris, 2012, BASE Manager/Editor Reference Guide.

IHO, 2008, IHO Standards for hydrographic surveys, 5th Edition, February 2008, *Special Publication No. 44*.

IHO, 2011, Manual On Hydrography, *Publication C-13*, 1st Edition, May 2005, (Corrections to February 2011).

Łubczonek J., Bodus-Olkowska I., Włodarczyk-Sielicka M., Zaniewicz G., 2012, Analiza standardów elektronicznych map nawigacyjnych w aspekcie tworzenia geoinformatycznego systemu ochrony portu, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol. 23.

Makar A., Naus K., 2003, Pozyskiwanie danych do tworzenia numerycznego modelu dna, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol. 13.

Stateczny A., Kazimierski W., Wawrzyniak N., 2012, Analiza funkcjonalności geoinformatycznego systemu ochrony portu *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol. 23.

Stateczny A., Włodarczyk-Sielicka M., Zaniewicz G., 2012, Using of high-density bathymetric data for the production of precise ENC, *European Navigation Conference 2012*.

MODELING AND VISUALIZATION OF DIGITAL TERRAIN MODEL AND SEA BOTTOM FOR PORT SECURITY GEOINFORMATIC SYSTEM

KEY WORDS: port security, numerical terrain model, numerical model of sea bottom, geoinformatic system

Summary

Protection of port areas is an important task of contributing to the safety of workers, goods and vessels located in the port area. On the global market, there are many solutions to support security services, which implements the GIS technology solutions.

In regard to the fact that one of the tasks carried out by geoinformatic system for port security are, estimate of the situation, spatial analyzes or monitoring of operating unit, an important element which should be particularly noted are the digital terrain model and a numerical model of the sea bottom. Properly prepared models as well as the level of detail are directly affected to the efficiency of performing operational tasks.

This paper presents the design and visualization assumptions of DTM and numerical model of the sea bottom in the geoinformatic system for port security. In the particular case of this is related to the

three-dimensional visualization, which was founded to present information at different levels of detail. To develop models, authors based on data from high-density measurements: interferometry echosounder and airborne laser scanning. The final development is connected model of the sea bottom and the numerical model of the terrain and different concepts of visualization. Research work are financed from fund for science in years 2010 – 2012 as a research project.

Dane autorów:

Dr inż. Jacek Łubczonek
e-mail: j.lubczonek@am.szczecin.pl
telefon: 91 487 71 77

Mgr inż. Grzegorz Zaniewicz
e-mail: g.zaniewicz@am.szczecin.pl
telefon: 91 487 71 77