

**WYKORZYSTANIE GEOBAZY DANYCH W PROCESIE TWORZENIA
ELEKTRONICZNYCH MAP NAWIGACYJNYCH
DLA ŻEGLUGI ŚRÓDLĄDOWEJ**

**APPLICATION OF GEODATABASE IN THE PROCESS OF CREATION
ELECTRONIC NAVIGATIONAL CHARTS FOR INLAND SHIPPING**

Jacek Łubczonek¹, Marta Włodarczyk²

¹ Zakład Bezpieczeństwa Nawigacyjnego, Akademia Morska w Szczecinie

² Katedra Geoinformatyki, Akademia Morska w Szczecinie

SŁOWA KLUCZOWE: elektroniczne mapy nawigacyjne, geobaza danych, nawigacja

STRESZCZENIE: Elektroniczne mapy nawigacyjne (*Electronic Navigational Charts*) są obecnie najbardziej popularnym i szybko rozwijającym się cyfrowym produktem hydrograficznym. Według obowiązujących przepisów są one jedynymi mapami elektronicznymi, które dają prawną możliwość przejścia do nawigacji „bezpapierowej”. Proces tworzenia ENC jest zadaniem czasochłonnym, co związane jest w znacznej mierze z pozyskaniem oraz edycją danych geoprzestrzennych. Aby dane te były przydatne muszą spełniać kilka podstawowych warunków. Przede wszystkim każdy element musi być kartowany z zachowaniem odpowiednich wymagań odnośnie dokładności sytuacyjnej oraz batymetrycznej. Oprócz tego, obiekty muszą posiadać niezbędne atrybuty, które są szczegółowo zdefiniowane w obowiązujących standardach. Dodatkowo dane powinny być aktualne oraz, ze względu na ich liczbę, usystematyzowane i łatwe w zarządzaniu.

W związku z powyższym, autorzy pracy wykorzystali i zweryfikowali w procesie tworzenia map elektronicznych geobazę danych, która jest jednym z podstawowych produktów rodziny oprogramowania ESRI. W podstawowej funkcjonalności geobaza umożliwia tworzenie obiektów, ich modyfikację, ładowanie obiektów istniejących, tworzenie relacji topologicznych, tworzenie podtypów i domen atrybutów czy kontrolę poprawności wprowadzanych danych.

Opracowana przez autorów niniejszej pracy geobaza danych składała się z zestawów danych oraz klas obiektów. Zestawy danych odpowiadały strukturze tematycznych kategorii natomiast klasy obiektów – obiektom tworzącym mapę nawigacyjną. Obiekty były kodowane zgodnie z obowiązującymi standardami tworzenia map elektronicznych dla żeglugi śródlądowej, a dokładnie dotyczyło to uwzględnienia odpowiedniej geometrii oraz predefiniowanych atrybutów. W celu zwiększenia dokładności edycji danych, zdefiniowano podtypy obiektów oraz ich domeny, co również usprawniło zarządzanie danymi oraz ich ewentualną modyfikację czy tworzenie. W etapie końcowym dokonano oceny geobazy danych, jako produktu wykorzystanego w procesie produkcji map elektronicznych dla żeglugi śródlądowej.

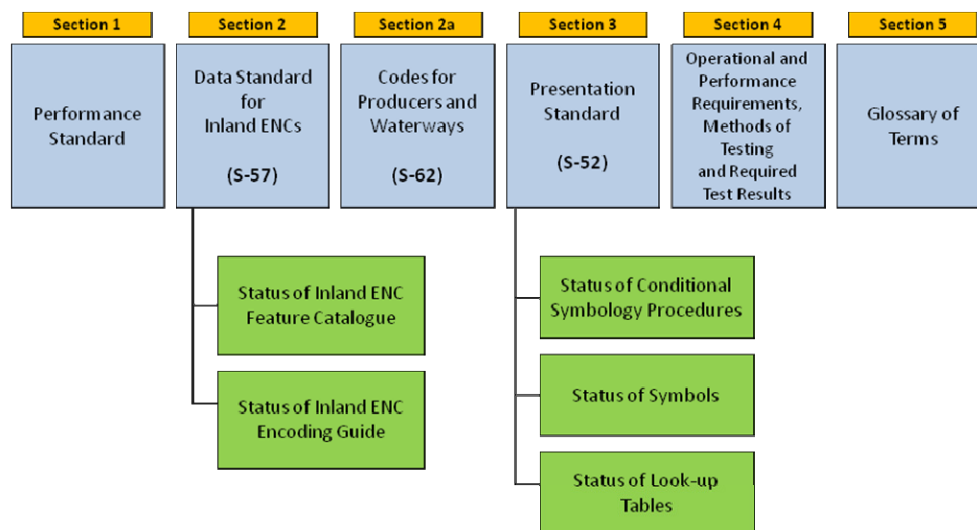
Przedstawiona metoda opracowywania danych wskazuje na możliwość wykorzystania oprogramowania środowiska GIS o podstawowej funkcjonalności w procesie tworzenia map elektronicznych. Dane w tej postaci w późniejszym etapie mogą zostać skompilowane za pomocą dedykowanego programu hydrograficznego do interoperacyjnego formatu opartego na standardzie S-57. W ujęciu praktycznym, kompilacja danych została przeprowadzona przez Biuro Hydrograficzne Marynarki Wojennej. Efektem tego otrzymano pełnowartościowy produkt, jakim są pierwsze w Polsce mapy elektroniczne dla żeglugi śródlądowej (Stateczny *et al.*, 2010).

1. MAPY ELEKTRONICZNE W ŻEGLUDZE ŚRÓDLĄDOWEJ

Elektroniczne mapy nawigacyjne dla żeglugi śródlądowej (*IENC, Inland Electronic Navigational Chart*), standaryzujące prezentowanie informacji o drogach wodnych, spełniają wymagania specyfikacji technicznej dla *ECDIS* śródlądowego (*Inland ECDIS, Electronic Chart Display and Information System*). Informacje na mapach wykorzystywanych przez *ECDIS* śródlądowy powinny odpowiadać najbardziej aktualnym danym.

Jeżeli mapa elektroniczna ma być w zamierzeniu wykorzystywana w trybie nawigacyjnym *ECDIS* śródlądowego, powinny być na nią naniesione przynajmniej obiekty geograficzne mające związek z bezpieczeństwem. Według grupy zajmującej się standaryzacją komórek map elektronicznych (*Inland ENC Harmonization Group*) zaleca się, aby *Inland SENC (System Electronic Navigational Chart)* zawierał wszystkie niezbędne informacje związane z bezpieczną nawigacją. Może także zawierać informacje dodatkowe, które będą pomocne w nawigacji.

Opracowując mapy elektroniczne dla żeglugi śródlądowej należy korzystać z określonych standardów, które dzielą się na pięć głównych sekcji oraz załączniki. Analizując schemat zamieszczony na rys. 1 można stwierdzić, że *Inland ECDIS* opiera się na systemie *ECDIS* dla nawigacji morskiej. Oznacza to zachowanie interoperacyjności tych dwóch systemów, co umożliwi tworzenie spójnych produktów dla obszarów morskich i śródlądowych oraz ich późniejsze wyświetlanie na odpowiednim wskaźniku *ECDIS*.



Rys. 1. Ogólny schemat obowiązujących standardów dla *Inland ECDIS*
 Źródło: opracowanie na podstawie (CCNR 2006)

Informacje, które powinny być zawarte na mapie elektronicznej dla żeglugi śródlądowej są określone w sekcji 2 oraz sekcji 3. W sekcji 2 obowiązują dokumenty IHO S-57 (IHO 2000a) wraz z załącznikami. W szczególności należy korzystać z załączników IHO

2000b, IHO 2000b oraz IHO 2002. Oprócz tego należy także korzystać z bieżących wersji publikacji dostępnych na stronie <http://ienc.openecdis.org> takich jak *Inland ENC Feature Catalogue* oraz *IENC Encoding Guide*. W sekcji 3 natomiast obowiązują dokumenty IHO S-52 (IHO 1996) wraz z załącznikami. Wszystkie obiekty widoczne na ekranie użytkownika muszą być zgodne z S-52 oraz z dodatkowymi publikacjami, które zawarte są w *Presentation Library for Inland ECDIS* (dostępne na stronie <http://ienc.openecdis.org>):

- *Look-up Tables*,
- *Symbols*,
- *Conditional Symbology Procedures*.

2. KODOWANIE OBIEKTÓW W MAPIE IENC

Głównymi standardami wykorzystywanymi w trakcie kodowania są katalog obiektów* (IEGH 2010b) oraz przewodnik kodowania* (IEGH 2010a). Katalog obiektów definiuje wszystkie obiekty, ich atrybuty oraz wykaz tych atrybutów, które mogą występować na IENC. Przewodnik kodowania stanowi podstawowy dokument pomocny w tworzeniu IENC. Opisuje on relacje obiektów oraz ich atrybutów ze światem rzeczywistym. Zawiera on podstawowe kryteria kodowania obiektów oraz przedstawia konkretne przykłady uzupełnione zdjęciami. Każdy obiekt, atrybut oraz wartości atrybutów, które znajdują się w przewodniku kodowania muszą być wymienione, a co za tym idzie dokładnie opisane w katalogu obiektów. Można to przedstawić na przykładzie znaku żeglugowego, czyli obiektu zdefiniowanego jako *Notice Mark*.

Według *Inland ENC Feature Catalogue* obiekt *Notice Mark* jest przedstawiony następująco:

Acronym: notmrk
Type: G
Primitive: P

Znak żeglugowy jako obiekt o akronimie *notmrk* posiada typ obiektu *G* (skrót od *geo*), czyli obiektu zawierającego charakterystyki opisowe jednostkowych fragmentów świata rzeczywistego. Istnieją jeszcze inne typy: *M* (*meta*) – zawierający informację o innych obiektach (np. skala kompilacji, pionowy układ odniesienia), *C* (*cartographic*) – zawierający informację o kartograficznej reprezentacji jednostkowych fragmentów świata, *O* (*collection*) – zawierający informację o relacjach pomiędzy innymi obiektami.

Kolejną informacją jest geometria obiektu. W tym przypadku jest to punkt (skrót *P*). Obiekty można przedstawić także za pomocą linii (*L*), obszaru (*A*) oraz żadnego (*N*).

Po sekwencji powyższych danych przedstawiona jest definicja obiektu, a następnie wymienione są informacje odnośnie jego wszystkich atrybutów. Przykład atrybutów dla obiektu *Notice Mark* przedstawia tabela 1.

Kolumna pierwsza określa akronim dla każdego atrybutu obiektu (katalog obiektów zawiera dokładne definicje dla każdego atrybutu). Druga kolumna określa czy dany atrybut jest obowiązkowy (M), opcjonalny (O) bądź warunkowy (C). Ostatnia kolumna pokazuje jakie wartości może przyjmować dany atrybut.

* Tłumaczenie własne

Tab. 1. Atrybuty obiektu *Notice Mark*

ACRONYM (akronim)	USAGE (status)	CONSTRAINS (wartości atrybutu)
addmrk	O	value list = "1,2,3,4,5"
catnmk	M	Value list = "1 – 102"
dirimp	O	value list = "1,2,3,4"
disipd	O	unit = "m,ft" decimal digits = "1"
disipu	O	unit = "m,ft" decimal digits = "1"
disbk1	O	unit = "m,ft" decimal digits = "1"
disbk2	O	unit = "m,ft" decimal digits = "1"
fncntm	M	value list = "1,2,3,4,5"
marsys	O	value list = "1,2,9,10,11,12"
ORIENT	C	unit = "deg" decimal digits = "2"
STATUS	O	value list = "2,3,4,8,9,12,14,16,17"
OBJNAM	O	
NOBJNM	O	
INFORM	O	
NINFOM	O	
SCAMIN	M	min = "1"
PICREP	O	
TXTDSC	O	
DATSTA	O	format = "ccyymmdd"
DATEND	O	format = "ccyymmdd"
PERSTA	O	format = "ccyymmdd"
PEREND	O	format = "ccyymmdd"
SORDAT	C	format = "ccyymmdd"
SORIND	C	format = "ccyymmdd"

Przewodnik kodowania z kolei opisuje relacje obiektów oraz ich atrybutów ze światem rzeczywistym. Tabela 2 przedstawia informacje przydatne do kodowania warstwy składającej się z obiektów NOTMRK według przewodnika kodowania.

Tab. 2. Atrybuty obiektu *NOTMRK* według przewodnika kodowania

AKRONIM ATRYBUTU	WARTOŚCI ATRYBUTU
catnmk (M)	see Annex "Notice_marks.xls"
fncntm (M)	1 (prohibition mark, CEVNI signs A), 2 (regulation mark, CEVNI signs B), 3 (restriction mark, CEVNI signs C), 4 (recommendation mark, CEVNI signs D), 5 (information mark, CEVNI signs E)
dirimp (O)	1 (upstream), 2 (downstream), 3 (to the left bank), 4 (to the right bank)
disipd (O)	distance of impact, downstream: unit defined in the M_UNIT meta object class, e.g. metre (m), resolution: 1 m
disipu (O)	distance of impact, upstream: unit defined in the M_UNIT meta object class, e.g. metre (m), resolution: 1 m
disbk1 (O)	Minimum distance of the impact from the notice mark rectangular to the bank: unit defined in the M_UNIT meta object class, e.g. metre (m), resolution: 1 m

AKRONIM ATRYBUTU	WARTOŚCI ATRYBUTU
disbk2 (O)	Maximum distance of the impact from the notice mark rectangular to the bank: unit defined in the M_UNIT meta object class, e.g. metre (m), resolution: 1 m
addmrk (O)	1 (top board), 2 (bottom board), 3 (right triangle), 4 (left triangle), 5 (bottom triangle)
marsys (C)	11(CEVNI)
STATUS (O)	8 (private), 12 (illuminated)
INFORM (O)	text of additional marks in english
NINFOM (O)	Refer to Section B, General Guidance
SCAMIN (M)	EU: 22000; US: 60000
SORDAT (C)	YYYYMMDD
SORIND (C)	Refer to Section B, General Guidance

3. ZASTOSOWANIE GEOBAZY DANYCH W OPRACOWANIU MAP ELEKTRONICZNYCH

Biorąc pod uwagę charakter opracowania, mapy przygotowano w oprogramowaniu ArcGIS Desktop zgodnie z przyjętą metodyką tworzenia projektu *GIS (Geographic Information System)*. Podczas opracowywania danych korzystano z następujących aplikacji: *ArcMap*, *ArcCatalog*, *ArcToolbox* oraz *ArcScene*. Do opracowywania tak zróżnicowanej i dużej liczby danych zastosowano geobazę danych. Dostępna wersja oprogramowania pozwalała na stworzenie osobistej geobazy danych, która umożliwiła w dość krótkim czasie ustalenie jej struktury, typów danych, atrybutów czy relacji pomiędzy obiektami. Tworząc geobazę należy uwzględnić jej funkcjonalność, polegającą między innymi na stworzeniu odpowiednich podtypów oraz domen atrybutów. Za pomocą tych opcji można zabezpieczyć się przed błędnymi danymi wprowadzanymi do geobazy oraz znacznie podnieść efektywność procesu wektoryzacji. Geobaza danych umożliwia tworzenie zestawów danych (*Feature Dataset*), klas obiektów (*Feature Class*) oraz tabeli nie posiadających odniesienia przestrzennego. Oprócz tego, w zależności od wersji oprogramowania, można przechowywać w niej klasy relacji, topologię czy sieci geometryczne. Obiekty można tworzyć bezpośrednio w geobazie, importować je lub bezpośrednio ładować do klas istniejących z wykorzystaniem aplikacji *ArcCatalog* lub *ArcMap* (w zależności od typu operacji). Dodatkowym atutem jest możliwość ustalenia odniesienia przestrzennego (układ współrzędnych, zakres danych oraz ich precyzja), co ujednocila przede wszystkim stosowany system współrzędnych oraz zakres opracowania. Kolejną zaletą geobazy danych jest większa wydajność w zarządzaniu i przetwarzaniu danych oraz możliwość korzystania z różnych funkcji edycyjnych. W związku z tym, geobaza danych podczas produkcji map nawigacyjnych umożliwiła:

- utworzenie podstawowej struktury danych zgodne z przewodnikiem kodowania mapy,
- scentralizowane zarządzanie danymi,
- tworzenie, edycję oraz modyfikację danych, w tym edycję topologiczną,
- wykorzystanie opcji redukujących wprowadzanie błędnych danych, poprzez tworzenie podtypów oraz domen obiektów.

W geobazie utworzono strukturę danych zgodną z *Inland ENC Encoding Guide*. W przewodniku kodowania obiektów map elektronicznych sklasyfikowano cztery podstawowe grupy danych: ogólne, geograficzne, hydrograficzne oraz pomoce i usługi*. W tych grupach zdefiniowanych jest łącznie 19 kategorii obiektów*, oznaczonych odpowiednią literą porządkową:

C – Metadane IENC	M – Obszary, ograniczenia
D – Obiekty geograficzne	N – Światła
E – Obiekty kulturowe	O – Pławy, stawy i znaki dzienne, znaki żeglugowe
F – Charakterystyczne obiekty terenowe	P – Sygnały mgłowe
G – Porty, drogi wodne	Q – Radar, systemy radiowe, pozycjonowanie elektroniczne
H – Prądy	R – Usługi
I – Głębokości	S – Urządzenia dla małych jednostek
J – Skały, wraki, przeszkody	T – Czas i postępowanie
K – Urządzenia przybrzeżne	U – Prawny ECDIS
L – Trasy, szlaki	

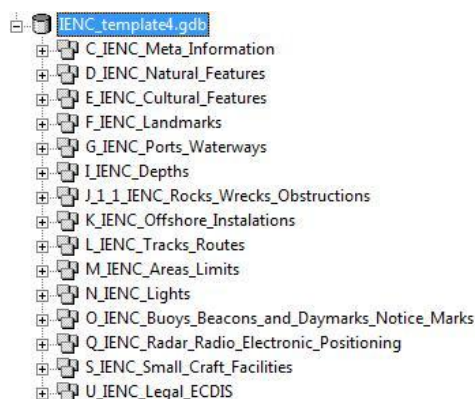
Natomiast w każdej kategorii znajdują się zestawy obiektów, grupujące klasy obiektów. Klasy obiektów tworzą właściwy zasób informacyjny mapy, stąd posiadają predefiniowane dozwolone atrybuty oraz model przestrzenny. Przykładowe drzewo struktury kategorii obiektów naturalnych* (*Natural Features*) składa się z trzech zestawów obiektów (hydrologia, topografia, roślinność) oraz znajdujących się w nich szeregu klas obiektów (kanały, rzeki, nazwy akwenów i inne).

Obiekty geograficzne

- D – Obiekty naturalne
 - D.1 Hydrologia
 - D.1.1 Kanały (nienawigacyjne)
 - D.1.2 Rzeki (nienawigacyjne)
 - D.1.3 Nazwy akwenów
 - D.1.4 Pogłębione jezioro
 - D.1.5 Jezioro
 - D.2 Topografia
 - D.2.1 Obszar lądu
 - D.2.2 Region lądu
 - D.2.3 Naturalne wydmy i wały
 - D.2.4 Ściany skalne
 - D.2.5 Linia brzegowa
 - D.3 Roślinność
 - D.3.1 Roślinność

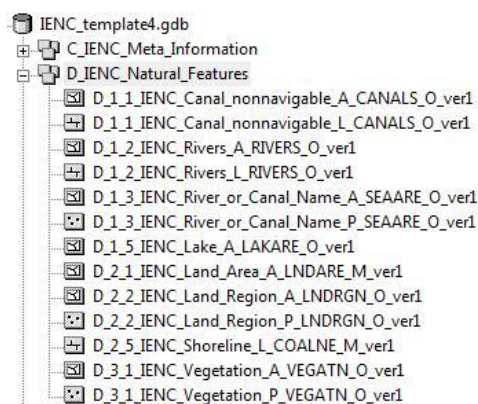
Podczas tworzenia map elektronicznych pominięto kilka grup ze względu na to, że obiekty z tych grup nie występują na obszarze objętym zakresem opracowania. Dotyczy to akwatorium Odry Zachodniej, Odry Wschodniej od miejscowości Ognica, Regalicy oraz Jeziora Dąbie. Utworzone zestawy danych, z domyślnym układem geograficznym WGS 84, przedstawia rysunek poniżej.

* Tłumaczenie własne



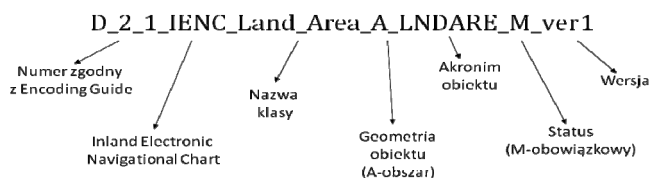
Rys. 2. Drzewo zestawów danych w geobazie

Każdy zestaw zawiera konkretne klasy obiektów, które także są zgodne z *Inland ENC Encoding Guide*. Łącznie przewodnik kodowania obiektów uwzględnia 154 zestawów obiektów, w których może znajdować się od jednego do kilkudziesięciu klas. Należy przy tym nadmienić, że katalog obiektów wyszczególnia więcej obiektów niż przewodnik kodowania, co również należy mieć na uwadze podczas opracowania mapy. Obiekty muszą mieć geometrię zgodną ze standardami, czyli mogą być przedstawione jako punkt, linia lub poligon. Każdy zestaw posiada własne odpowiednie klasy obiektów. Poniższy rysunek przedstawia klasy obiektów dla zestawu danych *Natural Features*.



Rys. 3. Klasy obiektów dla zestawu danych *Natural Features*

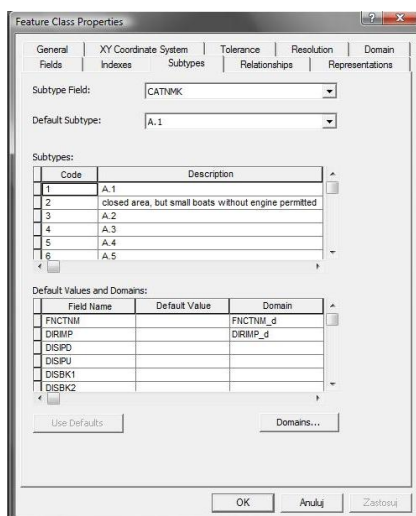
Nazwa każdej klasy została opracowana według określonego schematu. W celu sprawnej identyfikacji klas obiektów w nazwie klasy stosowano umowny kod drzewa obiektu składający się z: litery oraz liczb porządkowych (np. D_2_1), pełnej nazwy klasy (np. Land_Area), typu geometrii (A – obszar, L – linia, P – punkt), standaryzowanej nazwy akronimu obiektu (np. LNDARE), statusu obiektu (M – obowiązkowy, C – warunkowy, O – opcjonalny) i wersji opracowania (rys. 4).



Rys. 4. Schemat określenia nazwy dla warstwy lądu

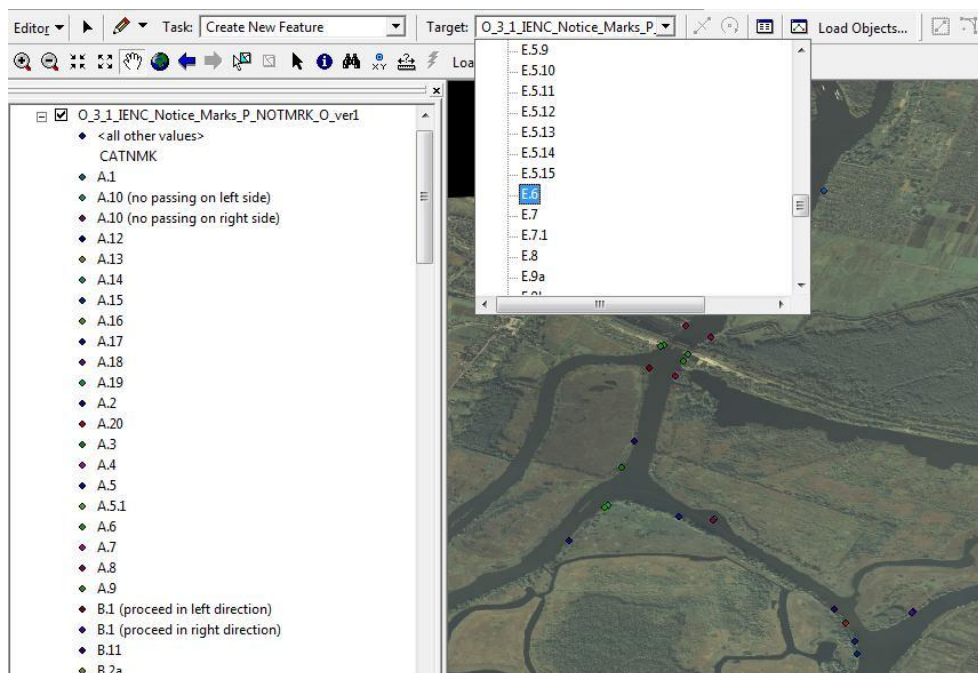
Dodatkowo każda klasa może być przedstawiona za pomocą różnych modeli przestrzennych (punkt, linia, obszar) i posiadać od kilku do kilkunastu atrybutów. Rodzaj atrybutu jest ściśle związany z typem obiektu oraz jego funkcjonalnością nawigacyjną. Inny zestaw atrybutów jest np. przewidziany do kodowania świateł nawigacyjnych, a inny w przypadku mostów czy znaków żeglugowych. W związku z tym w momencie tworzenia obiektu w bazie danych, należy uzupełnić jego część opisową odpowiednimi wartościami. W przypadku mapy nawigacyjnej wartości te należy wprowadzać bezbłędnie ze względu na jej późniejsze przeznaczenie, związane z prowadzeniem jednostki po drogach wodnych.

Aby zapobiec wprowadzaniu błędnych danych, co może zdarzyć przy ich tak dużej liczbie, dla wszystkich klas obiektów opracowano konkretne podtypy. Przykładowo klasa *Notice Mark* posiada podtypy zgodne z atrybutem CATNMK, czyli z atrybutem określającym typ znaku żeglugowego. Jest to pokazane na rysunku 5.



Rys. 5. Podtypy opracowane dla klasy obiektów *Notice Mark*

W tym przypadku należało stworzyć 102 podtypy, które odpowiadały liczbie wartości atrybutu CATNMK. Opracowanie było pracochłonne i co za tym idzie czasochłonne, lecz bardzo ułatwiło pracę w trakcie tworzenia warstwy znaków. W momencie opracowywania warstwy dało to możliwość bezpośredniego wyboru typu znaku, który chcemy w tym momencie stworzyć. Jednocześnie na mapie widzimy dla każdego rodzaju znaku inny symbol. Przedstawiono to na rysunku 6.



Rys. 6. Tworzenie obiektów warstwy Notice Mark

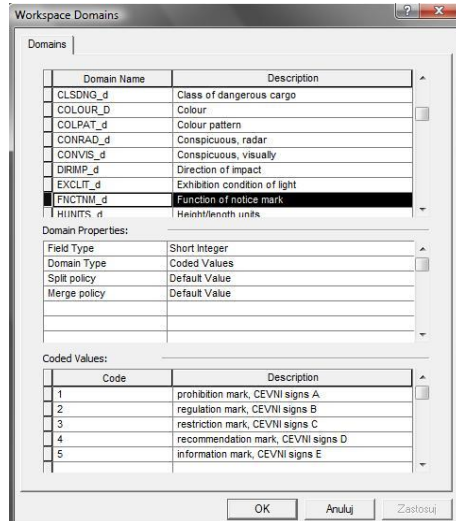
Jak już wcześniej wspomniano każdy atrybut posiada przypisane wartości. Przykładowo obowiązkowy atrybut FNCTNM, który mówi nam o funkcji danego znaku przyjmuje następujące wartości:

- 1 – *prohibition mark, CEVNI signs A (znak zakazu)*
- 2 – *regulation mark, CEVNI signs B (znak nakazu)*
- 3 – *restriction mark, CEVNI signs C (znak nakazu)*
- 4 – *recommendation mark, CEVNI signs D (znak zalecenia)*
- 5 – *information mark, CEVNI signs E (znak informacyjny)*

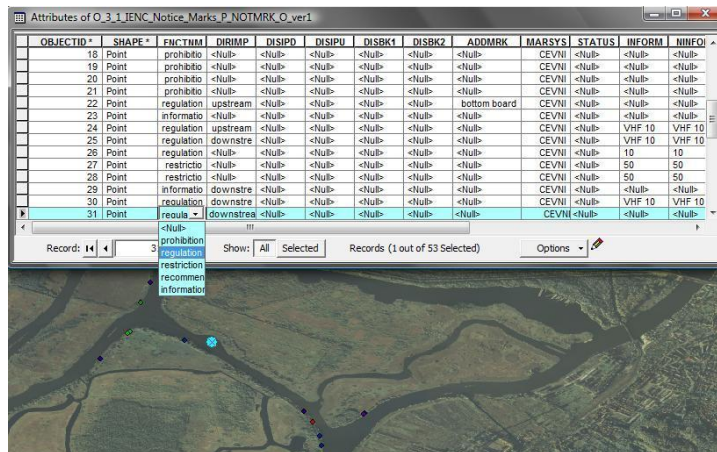
W celu ułatwienia pracy osobie wypełniającej tabelę atrybutów opracowano dla nich odpowiednie domeny. Rysunek 7 przedstawia zakładkę tworzenia domen. Dla atrybutu FNCTNM zastosowano domenę kodowaną, która przyjmuje wartości od 1 do 5.

Domeny atrybutów minimalizują błędy oraz określają ich dopuszczalne wartości. W trakcie uzupełniania atrybutów dzięki domenom istnieje możliwość bezpośredniego wyboru wartości atrybutu, co ilustruje rysunek 8.

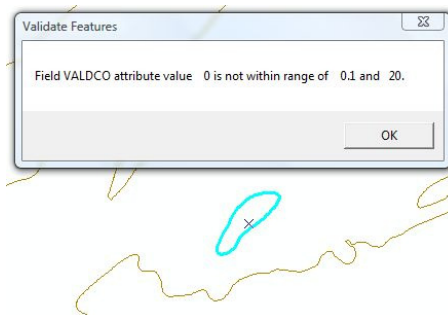
W przypadku domen ustalających zakres dopuszczalnych wartości należy dodatkowo uruchomić funkcję *Validate Features*, ponieważ sprawdzanie poprawności danych nie jest zautomatyzowane. Przykład identyfikacji obiektu, którego wartość atrybutu nie mieści się w predefiniowanej za pomocą domeny przedziału wartości przedstawiono na rysunku 9. Ilustruje on wskazanie izobat z wartościami wykraczającymi poza ustalony przedział domeny (od 0.1 do 20 m).



Rys. 7. Okno tworzenia domen

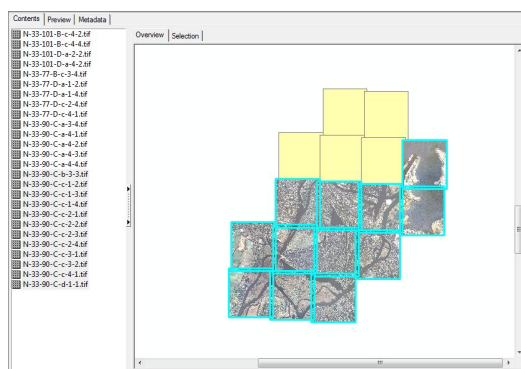


Rys. 8. Edycja atrybutu FNCTNM



Rys. 9. Identyfikacja obiektu, którego wartość atrybutu nie zawiera się w przedziale domeny

Geobaza danych umożliwia również zarządzanie danymi rastrowymi. Można stworzyć w niej katalog rastrow (*raster catalog*) oraz mozaikę (*raster datasets*). Katalog rastrow służy do zarządzania zbiorem rastrow o różnych parametrach (rozdzielczość, ilość kanałów, format, układ współrzędnych). Zbiór ten jest wyświetlany jako pojedyncza warstwa i generalnie służy do zarządzania dużym zbiorem danych tego typu. Problematyczne jest użycie tej struktury danych w projekcie ze względu na czasochłonność odświeżania obrazu, szczególnie przy dużej liczbie rastrow. Zarządzanie katalogiem rastrow odbywa się na poziomie aplikacji *ArcCatalog* z możliwością wizualizacji ich przestrzennego zakresu oraz wizualizacji wybranych arkuszy (rys. 10).



Rys. 10. Zarządzanie katalogiem rastrow w aplikacji *ArcCatalog*

Geobaza umożliwia również tworzenie mozaiki. W tym przypadku dane powinny posiadać taką samą liczbę kanałów, rozdzielczość przestrzenną, układ współrzędnych oraz typ. Mozaika przede wszystkim jest szybciej odświeżana w projekcie, co znacznie ułatwia pracę szczególnie z danymi o dużym zakresie przestrzennym. Mankamentem jest długi czas jej tworzenia.

Korzystając z danych przygotowanych za pomocą geobazy można stworzyć źródłową strukturę danych tworzących finalnie komórkę mapy elektronicznej. Do jej przygotowania potrzebne jest dedykowane oprogramowanie, które umożliwia jej kompilację. Biorąc pod uwagę doświadczenia autorów pracy, ocenę geobazy danych w zakresie tworzenia map elektronicznych zestawiono w postaci tabelarycznej (tab. 3). Ocena obejmuje podstawową funkcjonalność geobazy osobistej.

Tab. 3. Ocena geobazy danych w zakresie produkcji map elektronicznych

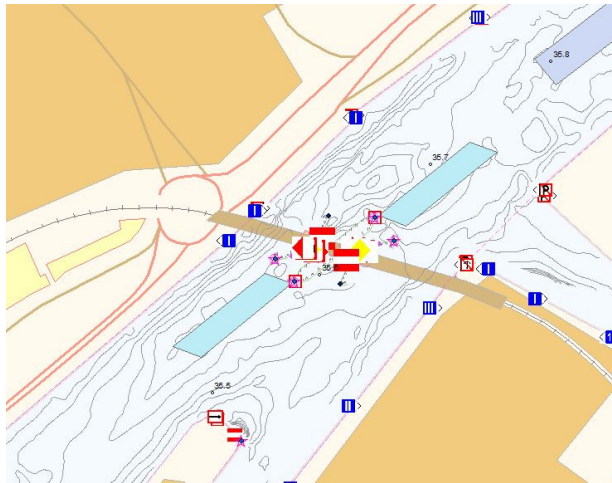
Funkcjonalność	Ocena (1-5)
Intuicyjność pracy	5
Tworzenie obiektów wektorowych (narzędzia wektoryzacji, funkcje modyfikacji obiektów, sprawdzanie poprawności topologii)	5
Zapobieganie wprowadzaniu błędnych danych (tworzenie podtypów, domen, walidacja danych)	5
Zarządzanie danymi rastrowymi (katalog rastrow i mozaikowanie)	4
Tworzenie złożonej struktury klas w jednej geobazie	3

4. ZASILENIE GEOBAZY DANYCH

Zasilenie geobazy jest końcowym etapem opracowania danych tworzących komórki map elektronicznych. Opracowanie danych jest najbardziej czasochłonnym elementem w procesie tworzenia mapy, co związane jest z ich pozyskaniem, rejestracją w przyjętym układzie WGS 84 oraz weryfikacją w zakresie dopuszczalnej dokładności sytuacyjnej. Materiałami źródłowymi były barwne zdjęcia lotnicze o rozdzielczości 0.5 m, obrazy satelitarne IKONS o rozdzielczości 1 m, mapy topograficzne, zasadnicze, publikacje nautyczne oraz dane pozyskane z pomiarów hydrograficznych (Stateczny *et al.*, 2010). W wielu przypadkach kartowanie sytuacyjne obiektów odbywało się na podstawie pomiarów bezpośrednich (dalby, odcinki linii brzegowej, maszty, mosty, znaki żeglugowe). Każdy materiał źródłowy był weryfikowany w celu zachowania dokładności sytuacyjnej obiektów zdefiniowanej w standardach pomiarów hydrograficznych S-44 (IHO 2008). Szczegółowe badania związane z wykorzystaniem barwnych zobrazowań teledetekcyjnych (Łubczonek *et al.* 2009, 2010) umożliwiły ocenę przydatności tych materiałów podczas tworzenia map oraz ocenę dokładności kartowania wybranych elementów mapy, takich jak linia brzegowa oraz mosty. Dla wszystkich komórek przyjęto dokładność sytuacyjną określoną dla obszaru specjalnego wg standardu S-44:

- 2 m dla pomocy nawigacyjnych oraz obiektów mających znaczenie dla nawigacji,
- 10 m w przypadku linii brzegowej oraz topografii mającej mniejsze znaczenie dla nawigacji,
- 10 m dla średniej pozycji pływających pomocy nawigacyjnych.

Wszystkie wartości podano dla przedziału ufności na poziomie 0.95. Dane wprowadzane były do geobazy, głównie poprzez tworzenie nowych obiektów w predefiniowanych klasach, co umożliwiło ich późniejsze opracowanie w aplikacji *ArcMap* (rys. 11).



Rys. 11. Wizualizacja opracowanych danych w aplikacji *ArcMap* (fragment akwatorium Odry Zachodniej w Szczecinie)

5. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono wykorzystanie geobazy danych w procesie produkcji map elektronicznych (etap ten obejmuje opracowanie danych). Ze względu na jej funkcjonalność, można ją wykorzystywać do tworzenia i zarządzania dużymi zbiorami danych o zróżnicowanej strukturze. Istotną zaletą jest możliwość tworzenia podtypów oraz domen atrybutów, co znacznie redukuje ilość błędów. W związku z ideą geobazy danych, jest ona przeznaczona dla użytkownika, który powinien posiadać minimalną wiedzę z zakresu informatyki. W zasadzie zasilanie i praca z geobazą danych jest intuicyjna i nie nastęczała żadnych problemów. Jediną wadą geobazy jest brak możliwości zakładania drzewa katalogów, które z pewnością wpłynęło by na lepszą organizację danych o bardziej złożonej strukturze. Niestety w obecnej postaci jest to ograniczone do tworzenia pojedynczych zestawów danych, które można zasilać klasami obiektów. Stąd zaistniała potrzeba opracowania odpowiednich nazw klas obiektów, które były jednocześnie identyfikatorami obiektów w predefiniowanej strukturze.

6. LITERATURA

- CCNR, 2006. Standard Electronic Chart Display and Information System for Inland Navigation Inland ECDIS, Central Commission for Navigation of the Rhine (CCNR), Ed. 2.
- IEGH 2010a, *Inland ENC Harmonization Group, Inland Electronic Navigational Chart Encoding Guide*, Edition 2, version 2.0.
- IEGH 2010b, *Inland ENC Harmonization Group, Inland ENC Feature Catalogue*, Edition 2.2.
- IHO, 1996. *Specification for Chart Content and Display Aspects of ECDIS*, Ed.5.0. Special Publication No. 52.
- IHO, 2000a. *Transfer Standard for Digital Hydrographic Data*, Ed.3.1. Special Publication No. 57.
- IHO, 2000b. Standard S-57, Ed. 3.1, *ENC Product Specification* (Appendix B1).
- IHO, 2000c. Standard S-57, Ed. 3.1, *IHO Object Catalogue* (Appendix A).
- IHO, 2002. Standard S-57, Ed. 3.1, *Use of Object Catalogue for ENC* (Appendix B.1., Annex A).
- IHO, 2008. Standards for Hydrographic Surveys, 5th Edition, February 2008. Special Publication N044.
- Łubczonek J., Włodarczyk M., 2009. *Tworzenie i aktualizacja map elektronicznych dla żeglugi śródlądowej z wykorzystaniem cyfrowych obrazów teledetekcyjnych*, Kozak J., Luc M. (red.), *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, vol. 20.
- Łubczonek J., Włodarczyk M., 2010. *Charting of the shoreline of inland waters using digital remote sensing images*, *Zeszyty Naukowe* 22 (94), Wydawnictwo Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie.
- Stateczny A., Łubczonek J., 2010. *Tworzenie elektronicznych map nawigacyjnych dla żeglugi śródlądowej w Polsce*, *Roczniki Geomatyki*, Tom VII, Zeszyt 6 (42), Polskie Towarzystwo Informatyki Przestrzennej, Warszawa.

**APPLICATION OF GEODATABASE IN THE PROCESS OF CREATION
ELECTRONIC NAVIGATIONAL CHARTS FOR INLAND SHIPPING**

KEY WORDS: electronic navigational chart, geodatabase, navigation

SUMMARY: Electronic Navigational Charts are currently the most popular and fast developing digital hydrographic product. Officially, they are the only electronic charts which enable a legal change to paperless navigation. The process of ENC creation is time-consuming, which is largely due to data acquisition and edition. For ENC geodata to be useful they should meet several conditions. First of all each element must be charted with maintenance of proper requirements relative to situational and bathymetric accuracy. Apart from this, all geographic features must have necessary attributes, which are defined and described in valid standards. Additionally, data should be up-to-date and, in view of their number, ordered and easy in management. Realization of all the above conditions is possible by application proper software of GIS environment.

The authors of this paper have used and verified in chart creation process ageodatabase, which is one of the basic products of the ESRI software. In its basic functionality a geodatabase enables creation of feature classes, their modification, loading of other data, creation of topology relation, creation of subtypes and attribute domains or control of correctness of new data.

The geodatabase elaborated by the authors of this work consists of feature datasets and feature classes. Feature datasets corresponded to the structure of thematic categories, whereas feature classes corresponded to geographic objects which created navigational charts. All features were coded according to valid standards of electronic chart creation for inland shipping. The concern was mostly with compliance to proper geometry and predefined attributes. For limiting of data error, subtypes and attribute domains were predefined, which also improved data management and their modification and creation. In the last stage the geodatabase was assessed as a product used in the process of IENC production.

The presented method of data elaboration shows the possibility of application of the GIS environment software and its basic functionality in IENC map creation. Data in this form can be compiled with the use of dedicated hydrographic software to obtain interoperable format based on S-57 standard. Practically, data compilation was done by the Hydrographic Office of the Polish Navy. This method of map production enabled to obtain the first in Poland inland electronic chart.

dr inż. Jacek Łubczonek
j.lubczonek@am.szczecin.pl
telefon: 91 4809472

mgr inż. Marta Włodarczyk
m.wlodarczyk@am.szczecin.pl
telefon: 91 4809566