

**TWORZENIE I AKTUALIZACJA MAP ELEKTRONICZNYCH  
DLA ŻEGLUGI ŚRÓDLĄDOWEJ Z WYKORZYSTANIEM  
CYFROWYCH OBRAZÓW TELEDETEKCYJNYCH\***

**CREATION AND UPDATING ELECTRONIC CHARTS FOR INLAND  
SHIPPING BY USING DIGITAL REMOTE SENSING IMAGES**

**Jacek Łubczonek<sup>1</sup>, Marta Włodarczyk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Zakład Bezpieczeństwa Nawigacyjnego, Akademia Morska, Szczecin

<sup>2</sup>Katedra Geoinformatyki, Akademia Morska, Szczecin

SŁOWA KLUCZOWE: mapy elektroniczne, zobrazowania teledetekcyjne, nawigacja

STRESZCZENIE: Obecnie coraz częściej do opracowania różnych map wykorzystuje się cyfrowe zobrazowania teledetekcyjne. Dotyczy to także map nawigacyjnych, które wypierają analogowe mapy papierowe. Szczególne znaczenie ma to w przypadku opracowania map dla żeglugi śródlądowej, ponieważ do tej pory nie opracowano nawet ich wersji papierowych. Wykorzystanie materiałów teledetekcyjnych do pozyskiwania danych w postaci wektorowej wymaga odpowiedniej wiedzy i doświadczenia, co z kolei przekłada się na dokładność kartowania obiektów geograficznych. W szczególności dotyczy to linii brzegowej oraz elementów topografii mających duże znaczenie dla nawigacji. Niestety, obecnie nie ma wytycznych co do wykorzystania tych materiałów do tworzenia czy uaktualniania map nawigacyjnych. W związku z tym autorzy niniejszej pracy przeprowadzili badania związane z możliwością wykorzystania zdjęć lotniczych oraz obrazów satelitarnych do kartowania obiektów topograficznych, na przykładzie linii brzegowej oraz mostów. Pozyskane obiekty na drodze wektoryzacji zostały zweryfikowane pomiarami bezpośrednimi, co z kolei umożliwiło określenie ich dokładności sytuacyjnej oraz skonfrontowanie jej z wymaganiami hydrograficznymi. Dodatkowo poddano ocenie potencjał interpretacyjny zobrazowań, który niewątpliwie stanowi istotny czynnik podczas opracowywania map nawigacyjnych.

## **1. WPROWADZENIE**

W ostatnich latach obserwuje się tendencje rozwoju nawigacji śródlądowej głównie w zakresie tworzenia Rzecznych Systemów Informacyjnych<sup>1</sup> (*River Information Servi-*

---

<sup>1</sup> Tłumaczenie własne.

ces, RIS) pokrywających swoimi usługami strategiczne odcinki dróg wodnych. Zadaniem Rzecznych Systemów Informacyjnych jest dostarczenie zharmonizowanych usług informacyjnych wspierających zarządzanie ruchem i transportem w żegludze śródlądowej oraz jego koordynację z innymi gałęziami transportu. Zgodnie z ustawą, w Polsce, Rzeczny System Informacyjny obejmuje obszar sieci dróg wodnych od miejscowości Ognica do Szczecina wraz z jeziorem Dąbie. Jednym z podstawowych zadań, należących do RIS, jest zapewnienie dostępu jego użytkownikom do elektronicznych map nawigacyjnych (Dz.U., 2008).

Obecne pokrycie komórkami map elektronicznych wód śródlądowych w Polsce jest tylko częściowe, a dokładnie dotyczy obszaru styku wewnętrznych wód morskich oraz śródlądowych. Zapewniają to morskie komórki map elektronicznych, które pokrywają w niewielkim zakresie sąsiadujące akweny śródlądowe. Biorąc jednak pod uwagę ich przeznaczenie, część śródlądowa komórek posiada charakter bardziej informacyjny niż nawigacyjny. Taki stan wyklucza formalnie stosowanie tych materiałów w żegludze śródlądowej, ponieważ obowiązują w tym zakresie odrębne standardy tworzenia map. Pozostała część dróg wodnych pozostaje bez pokrycia, zarówno standaryzowanymi mapami elektronicznymi jak również mapami analogowymi.

W obecnych czasach tworzenie map elektronicznych, jak również ich późniejsza aktualizacja związane jest z zastosowaniem nowoczesnych technik pozyskiwania danych, które są realizowane zarówno w sposób bezpośredni jak i pośredni. Dotyczy to danych hydrograficznych, nawigacyjnych oraz topograficznych. W przypadku kartowania linii brzegowej oraz innych obiektów topograficznych, istotnym zadaniem jest dobór odpowiednich materiałów kartograficznych, spełniających wymogi z zakresu dokładności kartowania elementów sytuacyjnych. Dotychczas problem ten był nierozpoznawalny ze względu na tworzenie map cyfrowych na drodze digitalizacji nawigacyjnych map papierowych, a pojawił się wraz z upowszechnieniem wysokorozdzielczych obrazów teledetekcyjnych, które ze względu na ich potencjał informacyjny coraz częściej są wykorzystywane podczas produkcji oraz aktualizacji map elektronicznych (Espy, 2005)

## 2. NAWIGACYJNE MAPY ELEKTRONICZNE

Mapa nawigacyjna jest podstawowym źródłem informacji dla nawigatora. Obecnie mapy analogowe coraz częściej ustępują miejsca mapom cyfrowym (Yogendran, 1999), które w lepszy sposób zapewniają bezpieczeństwo nawigacji statku. Dzięki nim nawigator może między innymi szybko uzyskać dostęp do interesującej go informacji, ocenić sytuację w oparciu o stale wyświetlaną pozycję statku oraz kontrolować i monitorować drogę statku. W nawigacji śródlądowej można korzystać ze standaryzowanych oraz niestandaryzowanych opracowań map elektronicznych. W pierwszym przypadku są one elementem systemu zobrazowania informacji nawigacyjnej (*Inland ECDIS, Electronic Chart Display and Information System*), natomiast w drugim pozostałych systemów map elektronicznych (*ECS, Electronic Chart System*).

Informacje, które powinny być zawarte na mapie elektronicznej Inland ENC (*Inland Electronic Navigational Chart*) są określone w standardach hydrograficznych wydanych przez Międzynarodową Organizację Hydrograficzną (IHO, 1996, 2000). Tworząc mapy dla żeglugi śródlądowej należy także korzystać ze specjalnie do tego celu opracowanych standardów dotyczących katalogu obiektów oraz wytycznych ich kodowania (Inland ENC Harmonization Group, 2008a, 2008b).

Według Inland ENC Harmonization Group (2008a) obiekty związane z topografią dzielą się następująco<sup>2</sup>: obszar lądu (*Land Area*), region lądu (*Land Region*), naturalne wydmy lub wały (*Natural Dunes or Ridges*), ściany skalne (*Rock Wall*), linia brzegowa (*Shoreline*). Inne obiekty, w tym szczegóły terenowe zwyczajowo tworzące zasób informacyjny map topograficznych, są umieszczone w innych kategoriach.

### 3. DOKŁADNOŚĆ KARTOWANIA ELEMENTÓW SYTUACYJNYCH MAP NAWIGACYJNYCH

Tradycyjnie, w opracowaniach map lądowych (mapy zasadnicze, topograficzne, tematyczne) dokładności sytuacyjne obiektów są określone w geodezyjnych standardach technicznych (Dz.U., 1999). Według instrukcji technicznych określają ją wielkości błędów średnich położenia punktów na mapie o określonej skali. Inaczej sytuacja przedstawia się w przypadku map nawigacyjnych. Według obowiązujących zaleceń przyjęto 11 standardowych skal kompilacji komórek map elektronicznych (IHO, 2007), które odpowiadają skalom zakresów obrazu radarowego (Tab. 1).

**Tab. 1.** Powiązanie zasięgów radarowych oraz skal kompilacji.

| Zasięg radarowy<br>[mile morskie] | Standardowa skala | Zasięg radarowy<br>[mile morskie] | Standardowa skala |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------|
| 200                               | 1:3 000 000       | 3                                 | 1:45 000          |
| 96                                | 1:1 500 000       | 1.5                               | 1:22 000          |
| 48                                | 1:700 000         | 0.75                              | 1:12 000          |
| 24                                | 1:350 000         | 0.5                               | 1:8 000           |
| 12                                | 1:180 000         | 0.25                              | 1:4 000           |
| 6                                 | 1:90 000          | -                                 | -                 |

W elektronicznych mapach śródlądowych obraz radarowy stanowi dodatkową, istotną warstwę informacyjną. Biorąc pod uwagę różne skale materiałów źródłowych, skala kompilacji mapy powinna posiadać wartość najbliższej standardowej skali, np. dane pozyskane z mapy o skali 1:25 000, znajdujące się w przedziale standardowych skal 1:45 000 oraz 1:22 000, powinny być skompilowane w skali 1:22 000. Dodatkowo stosowane są odstępstwa od tej reguły, które dopuszczają większą migrację skal materiałów źródłowych oraz skal kompilacji.

<sup>2</sup> Tłumaczenie własne.

Mapy elektroniczne, ze względu na swoje przeznaczenie, zawierają informacje topograficzne użyteczne z punktu widzenia nawigacji. W przypadku danych topograficznych przepisy nie uwzględniają metod pozyskiwania danych, a tylko określają ich uogólnioną dokładność sytuacyjną na poziomie ufności 0.95. Informacje te znajdują się w normach hydrograficznych S-44 (IHO, 2008), gdzie dokładność sytuacyjna danych topograficznych uzależniona jest od jej znaczenia w nawigacji oraz przynależności do kategorii akwenu nawigacyjnego.

#### 4. WYKORZYSTANIE CYFROWYCH OBRAZÓW TELEDETEKCYJNYCH W TWORZENIU I AKTUALIZACJI MAP

Obecnie pomiary topograficzne mogą być przeprowadzone przez pomiar bezpośredni (pomiary polowe) oraz z wykorzystaniem metod teledetekcyjnych. Szczególnie duże znaczenie mają wysokorozdzielcze zdjęcia lotnicze jak również obrazy satelitarne, które umożliwiają pozyskanie szczegółowej informacji dla rozległego i często trudno dostępnego terenu przyległego do akwenu nawigacyjnego.

W niniejszej pracy przedstawiono analizę dostępnych cyfrowych obrazów teledetekcyjnych w aspekcie zarówno tworzenia jak i aktualizacji elektronicznych map nawigacyjnych dla żeglugi śródlądowej. W badaniach wykorzystano obrazy teledetekcyjne o różnej rozdzielczości terenowej, co umożliwiło określenie potencjału kartograficznego powyższych materiałów w zakresie wykorzystania ich do opracowywania map nawigacyjnych na przykładzie kartowania linii brzegowej oraz mostów.

W tworzeniu komórki (arkusza mapy) *Inland ENC* dla obszaru portu Szczecin wykorzystano dwa rodzaje cyfrowych barwnych ortofotomap pozyskanych z Wojewódzkiego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Szczecinie. Pierwsze z nich zostały wykonane na podstawie obrazów satelitarnych (IKONOS). Obrazy te, odpowiadające skali 1:5 000, zostały opracowane w roku 2003 na podstawie scen satelitarnych z roku 2002 z terenową wielkością piksela 1 m. Drugie to ortofotomapy, odpowiadające skali 1:5 000, sporządzone zostały na podstawie zdjęć lotniczych zrobionych kamerą analogową lub cyfrową z pikselem terenowym 0.5 m. Zostały one wykonane w roku 2008, natomiast materiały źródłowe sporządzono jesienią 2007 lub wiosną 2008 roku ze zdjęć o skali 1:26 000.

Według standardu S-57, który jest jednym z podstawowych dokumentów normalizacyjnych związanych z elektronicznymi mapami nawigacyjnymi, linia brzegowa jest to linia styku łądu i wody. Z nieco inną definicją spotkać się można w obowiązującym w Polsce Prawie Wodnym (Dz.U., 2001). Wg definicji zawartej w tej ustawie, linia brzegu dla cieków naturalnych, jezior oraz innych naturalnych zbiorników wodnych stanowi krawędź brzegu lub linię stałego porostu traw albo linię ustalaną według średniego stanu wody z okresu co najmniej ostatnich 10 lat (rozdział 2, art. 15). Jeżeli krawędź brzegu jest wyraźna, linia brzegu biegnie tą krawędzią. W przypadku, gdy krawędź nie jest wyraźna, linia brzegu biegnie granicą stałego porostu traw. W momencie, gdy granica stałego porostu traw leży powyżej średniego stanu wody, linia brzegowa jest linią przecięcia się

zwierciadła wody przy tym stanie z gruntem przyległym. Jeżeli brzegi wód są uregulowane, linia brzegu biegnie linią łączącą zewnętrzne krawędzie budowli regulacyjnych.

O ile pierwsza definicja linii brzegowej uogólnia problem jej kartowania, o tyle druga definicja rzeczywiście uwypukla wszystkie problemy związane z jej identyfikacją na akwenach śródlądowych. Przekłada się to automatycznie na ocenę poziomu potencjału interpretacyjnego zobrazowań teledetekcyjnych, który z kolei umożliwia osiągnięcie wymaganej dokładności. Należy przy tym wspomnieć, że linię brzegową na obszarach zurbanizowanych czy portowych nie zawsze wyznaczają dość dobrze kontrastujące z wodą betonowe nabrzeża. Często napotkać można odcinki porośnięte różną roślinnością: wysokie trawy, trzcina, krzewy, drzewa. Obiekty te niestety skutecznie utrudniają wyznaczenie jej przebiegu. Ponadto brzegi rzeki są często zniszczone, co dodatkowo utrudnia ich identyfikację na obrazach teledetekcyjnych nawet o wysokiej rozdzielczości.

#### **4.1. Ocena potencjału interpretacyjnego**

Potencjał interpretacyjny cyfrowego obrazu teledetekcyjnego jest rozumiany jako możliwość odczytania jego treści. W zależności od potencjału zdjęcia, zwiększa się lub zmniejsza ilość obiektów, które mogą być zidentyfikowane w końcowej fazie procesu interpretacji. Potencjał interpretacyjny zależy głównie od terenowej zdolności rozdzielczej, określanej na poziomie 2-3 pikseli obrazu, oraz rozdzielczości radiometrycznej. W bardziej szczegółowym podejściu do problemu, ilość czynników wpływających na pojemność informacyjną obrazu jest większa (Ciołkosz *et al.*, 1986).

Biorąc pod uwagę różny stopień użyteczności obiektów topograficznych do prowadzenia nawigacji, analizę skupiono przede wszystkim na linii brzegowej, która jest podstawowym elementem informacyjnym wyznaczającym granice akwenu. Na akwenach śródlądowych można rozróżnić linię brzegową naturalną oraz sztuczną, której przebieg wyznaczają różne budowle hydrotechniczne.

Roślinność w istotny sposób obniża potencjał interpretacyjny obrazów. Związane jest to z występowaniem wysokich drzew w bliskim sąsiedztwie linii brzegowej. Ze względu na różnorodność gatunków drzew oraz ich zagęszczenie, trudno jest ocenić przebieg linii brzegowej pod ich koronami. Problem ten istnieje już w przypadku pojedynczych drzew (Rys. 1), niemniej jednak znacznie się zwiększa w przypadku ich zagęszczenia. W niektórych przypadkach nachylenie koron drzew nad wodą na analizowanym obszarze dochodziło do 10 m (Rys. 2). Z kolei drzewa w połączeniu z porastającą brzeg trzcina skutecznie maskują jego krawędź, co w zasadzie wyklucza możliwość jego identyfikacji (Rys. 3).

Podczas poprawnej identyfikacji przebiegu linii brzegowej problem stanowiły także wysokie budynki oraz portowe urządzenia przeładunkowe. Przy rozdzielczości zdjęć satelitarnych wynoszącej 1m problem ten był dość istotny, szczególnie w przypadku urządzeń przeładunkowych o konstrukcji kratowej (Rys. 4). Na zdjęciach lotniczych, ze względu na lepszą rozdzielczość, ich identyfikacja była znacznie łatwiejsza, zwłaszcza na podstawie rzucanego cienia. Należy również nadmienić, że niektóre przeładunkowe urządzenia portowe są na stałe lub czasowo wysunięte nad powierzchnię wody (Rys. 5), stąd odpowiednia ich klasyfikacja wymaga weryfikacji polowej.



**Rys. 1.** Drzewo przesłaniające mały basen (zdjęcie lotnicze).



**Rys. 2.** Korony drzew przesłaniające brzeg (zdjęcie lotnicze).

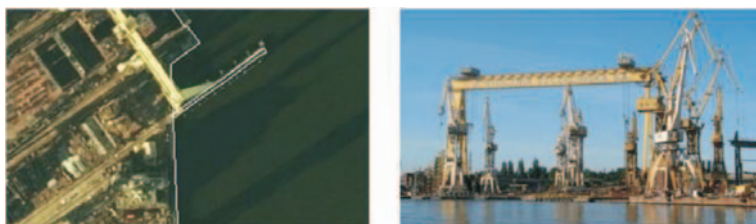


**Rys. 3.** Cypel porośnięty niskimi drzewami oraz trzcina (zdjęcie lotnicze).



**Rys. 4.** Żurawie portowe usytuowane wzdłuż nabrzeża (obraz satelitarny).





**Rys. 5.** Suwnica bramowa (na zdjęciu lotniczym znajduje się nad wodą).

W przypadku budynków problem wynikał z ich pozornego nachylenia w kierunku wody (zniekształcenie wynikające z własności rzutu środkowego), co automatycznie uniemożliwiało wektoryzację linii brzegowej (Rys. 6). Problem ten powinien być rozwiązany przez odpowiednie zaplanowanie szeregów zdjęć oraz ich podział zgodnie z kierunkiem osi rzeki (Kurczyński, 2006).



**Rys. 6.** Nachylenie budynków w kierunku wody (zdjęcie lotnicze).

Na obszarze Szczecińskiego Węzła Wodnego występuje duża liczba obiektów pływających, które są przycumowane do nabrzeży. Największe z nich to statki, doki dla dużych jednostek, pływające żurawie, dźwigi oraz inne specjalistyczne jednostki. Obiekty te często przesłaniają linię brzegową. W przypadku statków takie przesłonięcie jest uzależnione od jego długości, która może wynosić od kilkudziesięciu do powyżej 200 m (Rys. 7).



**Rys. 7.** Duże jednostki przycumowane do nabrzeży (zdjęcie lotnicze).

Mniejsze jednostki z kolei stanowią problem interpretacyjny w przypadku obrazów o gorszej rozdzielczości przestrzennej, ponieważ trudno je odpowiednio sklasyfikować. Małe jednostki, takie jak jachty, mogą być rozpoznane bezpośrednio lub na podstawie cech pośrednich (zgrupowane w przystaniach żeglarskich). Problem ten praktycznie nie istnieje już na zdjęciach o rozdzielczości 0.5 m, w przeciwieństwie do wykorzystywanych w tej pracy obrazów satelitarnych (Rys. 8).



**Rys. 8.** Przystań jachtowa z zacumowanymi jachtami (obraz satelitarny).

Z kolei inna sytuacja występuje wówczas, gdy w basenach znajdują się różne konstrukcje pływające o niestandardowych kształtach. Można do nich zaliczyć pływające rusztowania, doki śródlądowe czy odbijacze typu *Yokohama* o objętości kilku metrów sześciennych. Ich identyfikacja oraz późniejsze wyznaczenia przebiegu linii brzegowej przy tej rozdzielczości zdjęć jest raczej niemożliwa i wymaga interpretacji polowej (Rys. 9, 10)



**Rys. 9.** Mniejsze konstrukcje pływające w basenie portowym.



**Rys. 10.** Dok śródlądowy. Na zdjęciu lotniczym wynurzony, na obrazie satelitarnym częściowo wynurzony, na fotografii wynurzony z pchaczem.



Dość istotnym problemem były cienie od wysokich budynków, budowli hydrotechnicznych czy drzew znajdujących się w pobliżu linii brzegowej. Na analizowanych materiałach były skierowane na wodę oraz posiadały zbliżoną do niej barwę. Niestety, w wielu przypadkach ich występowanie znacznie utrudniało identyfikację linii brzegowej, co automatycznie przełożyło się na zmniejszenie potencjału interpretacyjnego zobrazowań teledetekcyjnych. Przykłady przedstawiono na Rys. 11.



**Rys. 11.** Zacieniona linia brzegowa (zdjęcia lotnicze).

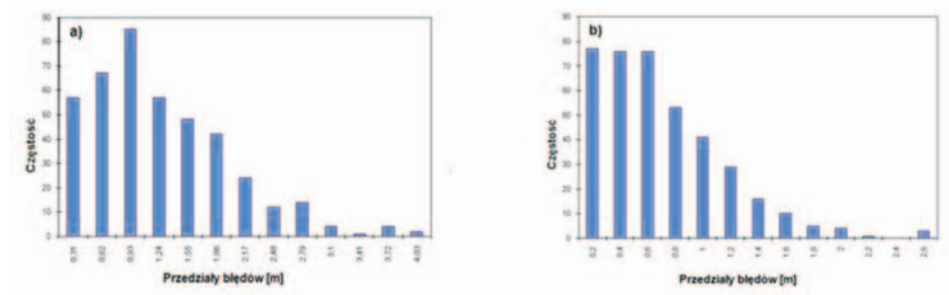
#### **4.2. Ocena dokładności sytuacyjnej**

Jak już wcześniej wspomniano, skala mapy nawigacyjnej nie musi posiadać powiązania z wymogami sytuacyjno-dokładnościowymi kartowania szczegółów terenowych, tak jak ma to miejsce w przypadku opracowań lądowych (mapa zasadnicza, mapy topograficzne do celów gospodarczych). Wymagania zawarte w standardach hydrograficznych określają wymogi dokładności sytuacyjnej obiektów w zależności od przynależności akwenu do jednej z czterech kategorii obszarów nawigacyjnych oraz znaczenia dla nawigacji. Biorąc pod uwagę charakter śródlądowego akwenu nawigacyjnego w Szczecińskim Węźle Wodnym, obszar ten powinien posiadać kategorię specjalną (IHO, 2008). Stąd, dane topograficzne mające znaczenie w nawigacji, powinny posiadać dokładność sytuacyjną 2 m. Linia brzegowa i dane topograficzne mniej ważne dla nawigacji powinny mieć dokładność 10 m. Powyższe wartości podane są na poziomie ufności 0.95.

W celu ustalenia zgodności wymogów dokładności sytuacyjnej kartowanych obiektów z wymogami hydrograficznymi, zbadano dokładność wektoryzacji obiektów topograficznych na przykładzie linii brzegowej oraz mostów. Dokładność sytuacyjna obiektów została zweryfikowana bezpośrednimi pomiarami terenowymi z wykorzystaniem zestawu pomiarowego Trimble R6 działającego w trybie RTK w sieci ASG-EUPOS. Linia brzegowa naturalna, ze względu na występowanie wysokich drzew, braku dostępu do samego brzegu (teren podmokły, porośnięty często trzcina), nie została zweryfikowana pomiarami bezpośrednimi, a tym samym nie uwzględniono jej w badaniach.

Do celów analizy obliczono błędy, których wartości wyznaczają odległości od punktów pomierzonych odbiornikiem RTK do zwektoryzowanej linii. W przypadku prostoliniowych odcinków nabrzeży błędy geometryczne reprezentuje odcinek tworzący z linią kąt prosty, a w przypadku narożników odcinki te łączą rzeczywiste współrzędne z odpowiednim punktem załamania opracowanej linii.

Do analizy wykorzystano te fragmenty linii, które mogły być pozyskane bez żadnych wątpliwości natury interpretacyjnej. W przypadku zdjęć lotniczych liczebność próby statystycznej  $n$  liczyła 391 próbek, natomiast dla obrazu satelitarnego jej wartość wyniosła 417. Pomiary przeprowadzono na różnych nabrzeżach leżących na terenie portu i miasta Szczecin, leżących na obszarze o powierzchni ok. 14 km<sup>2</sup>. Łącznie badania objęły linię brzegową o długości ok. 9.8 km. Po opracowaniu danych, w obu przypadkach histogramy analizowanych błędów nie posiadały rozkładu normalnego. Dla próby ze zdjęć lotniczych nie można jednoznacznie określić typu rozkładu, natomiast dla próby z obrazów satelitarnych przyjmuje on postać umiarkowanie asymetrycznego (Rys. 12).



**Rys. 12.** Histogramy analizowanych błędów: a) obraz satelitarny, b) zdjęcia lotnicze.

W związku z tym, analizę statystyczną przeprowadzono dla średniej  $m$  w populacji o nieznanym rozkładzie. W końcowym etapie obliczono przedziały ufności, które wyznaczono dla średniej  $m$  z odchyleniem standardowym z próby  $S$  (1).

$$(1) \quad P\left\{\bar{X} - z_{\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}} < m < \bar{X} + z_{\alpha} \frac{S}{\sqrt{n}}\right\} \approx 1 - \alpha$$

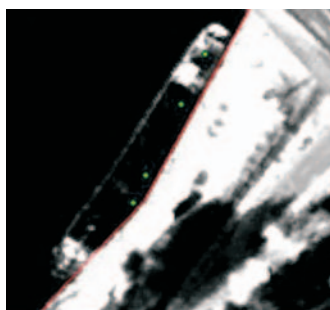
Wartość współczynnika ufności, zgodnie z wymogami *IHO*, przyjęto na poziomie 0.95. Przedziały ufności dla wcześniej obliczonych błędów zestawiono w tabeli 2.

**Tab. 2.** Przedziały ufności dla próby ze zdjęć lotniczych i obrazu satelitarnego.

|                   | Przedział ufności     | Średnia ( $m$ ) | Odch. standardowe ( $S$ ) |
|-------------------|-----------------------|-----------------|---------------------------|
| Zdjęcie lotnicze  | 0.55 m < $m$ < 0.64 m | 0.59 m          | 0.45 m                    |
| Obraz satelitarny | 1.01 m < $m$ < 1.16 m | 1.09 m          | 0.76 m                    |

Biorąc pod uwagę powyższe wyniki można stwierdzić, że zarówno dane pozyskane z analizowanych zdjęć lotniczych jak i obrazów spełniają wymagania dokładnościowe z uwzględnieniem błędu pomiaru *RTK* (błąd średni pomiaru 2.2 cm, maksymalny 6.3 cm). Należy przy tym jednak zwrócić uwagę na fakt, że nie zawsze może to oznaczać wnioskowanie ostateczne. Powodem tego mogą być błędy opracowania ortofotomapy

czy umiejscowienia tych błędów. Przykładem tego jest niepoprawne opracowanie arkusza ortofotomapy w okolicy mostu (Rys. 13), gdzie widoczne jest również „przełamanie” zacumowanej barki, co przyczyniło się do błędnego wyznaczenia linii brzegowej. Na podstawie pomiarów RTK, które oznaczono na poniższym rysunku punktami, odchylenie zwektoryzowanej linii od nabrzeża wyniosło odpowiednio 3.26, 2.77, 2.03 oraz 1.29 m.



**Rys. 13.** Fragment błędnie opracowanej ortofotomapy (zdjęcie lotnicze).

Mosty w żegludze śródlądowej są obiektami bezpośrednio związanymi z bezpieczeństwem nawigacji i stanowią jej ograniczenie. Z tego powodu precyzja odwzorowania mostów powinna być jak największa, choć zgodnie z wymogami tolerancja błędu w tym przypadku wynosi 2 m. Mosty nie stwarzają problemów natury interpretacyjnej, jednak ich dokładność sytuacyjna uzależniona jest od ich odchylenia względem rzutu ortogonalnego. Podczas opracowania dokładność sytuacyjna została zweryfikowana pomiarami RTK. Na analizowany obszarze dokładność ta mieściła się w granicach dopuszczalnego błędu 2 m, co umożliwiło ich dalszą wektoryzację. W przypadku błędów niespełniających standardów, pomiary należy zrealizować pomiarami bezpośrednimi bądź skorzystać z opracowań spełniających wymogi dokładnościowe.



**Rys. 14.** Weryfikacja dokładności sytuacyjnej mostów pomiarami RTK, oznaczonych na ortofotomapie punktami (zdjęcie lotnicze).

## **5. PODSUMOWANIE**

W przypadku linii brzegowej na obszarach zurbanizowanych czy portowych, gdzie dominują betonowe nabrzeża, jej rozpoznanie oraz identyfikacja nie nastręcza większych problemów. Na niektórych jej odcinkach jest jednak wymagana weryfikacja połowa z powodu pozornego nachylenia obiektów znajdujących się w jej pobliżu w kierunku wody. Dodatkowo jest to związane z rzucaniem przez te obiekty cieni na wodę. Należy przy tym zwrócić uwagę na fakt, że w wielu przypadkach możliwości rozpoznania linii brzegowej były łatwiejsze w przypadku zdjęć satelitarnych, które miały mniejszą ilość obszarów zacienionych oraz zauważalnie większy kontrast pomiędzy wodą a lądem. Zdjęcia lotnicze pomimo większej rozdzielczości niestety często były zawodne ze względu na długie cienie, co w połączeniu z niemal identyczną barwą wody znacznie utrudniało czy wręcz uniemożliwiało rozpoznanie linii brzegowej.

Podczas tworzenia oraz aktualizacji map elektronicznych z wykorzystaniem zobrażeń teledetekcyjnych niezbędna jest uzupełniająca interpretacja połowa, ze względu na ilość obiektów usytuowanych w pobliżu brzegu, zarówno od strony wody jak i lądu. Najlepszym i raczej jedynym rozwiązaniem jest rekonesans z wykorzystaniem jednostki pływającej. W badaniach do weryfikacji połowej wykorzystano jednostkę hydrograficzną Akademii Morskiej w Szczecinie Hydrograf XXI.

Na podstawie przeprowadzonej analizy materiałów źródłowych oraz badań można również stwierdzić, że do tworzenia i aktualizacji nawigacyjnych map elektronicznych można wykorzystywać zarówno zobrażenia o rozdzielczości 0.5 jak również 1 m. Dyskusyjny pozostaje potencjał interpretacyjny zdjęć lotniczych. Pomijając wykonanie tych zdjęć w niezbyt korzystnych warunkach oświetleniowych, należy zastanowić się nad lepszą rozdzielczością terenową zdjęć podczas produkcji map elektronicznych. W subiektywnym odczuciu wystarczająca rozdzielczość do poprawnej identyfikacji obiektów powinna wynosić 0.25 m. Dodatkowo istotna jest pora roku wykonywania zdjęć. Ze względu na duże problemy natury interpretacyjnej należy zdjęcia wykonać po zrzuceniu przez drzewa liści.

Innym aspektem są błędy materiałów źródłowych, które mogą istotnie wpłynąć na poziom bezpieczeństwa żeglugi. Stąd dla obiektów o szczególnym znaczeniu dla żeglugi śródlądowej, takich jak np. mosty, dane powinny być pozyskiwane pomiarami bezpośrednimi. Podczas kartowania różnych obiektów odczuwalny stał się brak precyzyjnego uszczegółowienia dokładności sytuacyjnej obiektów terenowych i nawigacyjnych, która może być mniejsza bądź większa ze względu na ich znaczenie w nawigacji.

## 6. LITERATURA

- Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R., 1986. *Interpretacja zdjęć lotniczych*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Dz. U., 2008. Nr 171. Poz. 1057, Ustawa z dnia 4 września 2008 r. o zmianie ustawy o żegludze śródlądowej.
- Dz.U., 1999. Nr 30 poz. 297, Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 marca 1999 r. w sprawie standardów technicznych dotyczących geodezji, kartografii oraz krajowego systemu informacji o terenie.
- Dz.U., 2001. Nr 115 poz. 1229, Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r., Prawo wodne
- Espey M., 2005. Remote Sensing Division, NGS, NOS, NOAA. Using Commercial Satellite Imagery and GIS to Update NOAA ENC's. *ESRI International User Conference Proceeding*.
- IHO, 1996. *Specification for Chart Content and Display Aspects of ECDIS Ed.5.0*. Special Publication No. 52.
- IHO, 2000. *Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, Ed.3.1*. Special Publication No. 57.
- IHO, 2007. *Annex A to Circular Letter 108/2007*. IHB File No. S3/8151/CHRIS.
- IHO, 2008. *Standards for Hydrographic Surveys*. 5th Edition, February 2008. Special Publication N<sup>o</sup>44.
- Inland ENC Harmonization Group, 2008a. *Inland Electronic Navigational Chart Encoding Guide*. Edition 1, version 3.1.
- Inland ENC Harmonization Group, 2008b. *Inland ENC Feature Catalogue, Edition 2.1*.
- Kurczyński Z., 2006. *Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, s. 252.
- Yogendran S., 1999. ECDIS Approach for Paperless Navigation. *Hydro International, GITC Publication*, Vol. 5, No 8, November/December.

### **CREATION AND UPDATING ELECTRONIC CHARTS FOR INLAND SHIPPING BY USING DIGITAL REMOTE SENSING IMAGES**

KEY WORDS: electronic charts, remote sensing imagery, navigation

SUMMARY: Digital remote sensing images are currently used to prepare various maps, including navigational charts, which are more and more frequently used in place of paper products. A particularly important application of remote sensing images is the preparation of maps for inland shipping, because up till now there are no navigational charts, even in paper form. The use of remote sensing products to acquire information on geographical features in vector form requires proper knowledge and experience, which is tightly correlated with their final accuracy. This problem



is particularly relevant as regards shorelines and topographic elements which have a significant role in navigation. Unfortunately, there is no recommendation concerning the application of these data to the creation and updating of navigational charts. Therefore the authors of this paper studied the range of applications for charting topographical features for example shorelines and bridges from aerial photographs and satellite images. Digital vector objects were verified by field measurements, which permitted the determination of their horizontal accuracy and further comparison with hydrographical requirements. In addition to this, their interpretation potential was studied, which is for certain an essential consideration in the preparation of navigational maps

Jacek Łubczonek  
j.lubczonek@am.szczecin.pl

mgr inż. Marta Włodarczyk  
m.wlodarczyk@am.szczecin.pl  
telefon: +48 91 4809472

---

\* wersja kolorowa artykułu jest dostępna na stronie <http://www.sgp.geodezja.org.pl/pftit>