

**ANALIZA WYBRANYCH METOD
POPRAWIANIA TREŚCI OBRAZÓW SONAROWYCH***
ANALYSIS OF SELECTED METHODS FOR ENHANCING
THE CONTENT OF SONAR IMAGES

Jacek Łubczonek, Grzegorz Zaniewicz

Akademia Morska w Szczecinie, Wydział Nawigacyjny, Instytut Geoinformatyki

Słowa kluczowe: interpretacja obrazów sonarowych, przetwarzanie obrazów, hydrografia, sonar
Keywords: interpretation of sonar images, image processing, hydrography, sonar

Wprowadzenie

Obecnie coraz więcej danych pozyskiwanych jest metodami teledetekcyjnymi. Można do tego zaliczyć różne metody i techniki obrazowania powierzchni Ziemi oraz dna akwenów morskich i śródlądowych. Istotnym elementem, oprócz procesu opracowania zobrażeń teledetekcyjnych, jest ich potencjał interpretacyjny. Ogólnie związany jest z jakością treści obrazu oraz wpływa na efektywność rozpoznania i późniejszej identyfikacji obiektów. W zależności od jakości zobrażenia teledetekcyjnego, należy w mniejszym lub większym stopniu dokonać pewnych korekt w macierzy obrazu. Należy przy tym pamiętać, że sam końcowy produkt może być zróżnicowany w zakresie zgodności radiometrycznej i fotometrycznej (Pyka, 2009), co implikuje konieczność stosowania dodatkowych narzędzi przetwarzania obrazów (Adamczyk, Będkowski, 2007). Mają one na celu dodatkowe zwiększenie ich potencjału interpretacyjnego i zwiększają efektywność odczytu informacji. Standardowo, korzystając z zobrażeń teledetekcyjnych, należy wykorzystywać specjalne funkcje, które umożliwiają poprawianie ich jakości, poczynając od podstawowej korekcji jasności i kontrastu.

Obrazy sonarowe można wykorzystać również dla potrzeb wizualizacji infrastruktury hydrotechnicznej w dedykowanych systemach geoinformatycznych (Łubczonek, Zaniewicz, 2012), jak również docelowo w eksperymentalnych nawigacyjnych mapach trójwymiarowych (Łubczonek i in., 2012). Należy również nadmienić, że polepszanie treści obrazów sonarowych było i jest celem wielu badań (Stateczny, Ratuszniak, 2010; Ye et al., 2004).

Obecnie techniki przetwarzania obrazów rozwinęły się dość intensywnie w oprogramowaniu fotogrametryczno-teledetekcyjnym oraz GIS. Związane są głównie z przetwarzaniem zdjęć lotniczych i obrazów satelitarnych rejestrowanych sensorami optycznymi i radarowymi. Na tle

* Praca realizowana w ramach projektu rozwojowego finansowany ze środków na naukę w latach 2011-2012 „Rozwinięcie metod przetwarzania geodanych w pomiarach hydrograficznych na akwenach morskich i śródlądowych”.

tego typu teledetekcji, teledetekcję hydrograficzną można uznać za niszową. W zasadzie, przetwarzanie obrazów sonarowych można przeprowadzić w nielicznym, dedykowanym oprogramowaniu. Obrazy sonarowe posiadają specyficzną pojemność informacyjną oraz strukturę formowaną przez technikę jego zapisu. Niemniej jednak, sam końcowy produkt w postaci mozaiki, trafia do końcowego użytkownika. Ze względu na dostępność oprogramowania, kolejnym krokiem jest jego dalsze przetwarzanie w zakresie poprawy potencjału interpretacyjnego, głównie w programach typu GIS. W związku z tym autorzy przeprowadzili wstępną analizę możliwości tego typu oprogramowania, w zakresie polepszenia treści obrazów sonarowych.

Zasada działania sonaru

Podwodne obrazowanie sonarem bocznym bazuje na podstawach akustyki podwodnej. Urządzenia te są coraz bardziej czułe i potrafią, w zależności od sytemu, zobrazować elementy dna mniejsze niż 10 cm. Do typowego zastosowania sonarów można zaliczyć: wykrywanie obiektów (tj. min, wraków statków i innych zatopionych pojazdów, rurociągów podwodnych, utraconego ładunku), klasyfikację dna morskiego (tj. rodzajów osadów, skupisk skalnych, struktury riplemarków) oraz inspekcje konstrukcji podwodnych (tj. mostów, pylonów, ścian nabrzeży, infrastruktury wydobywczej). Sonar boczny holuje się za jednostką pomiarową lub montuje się nieruchomo jako sonar przyburtowy. Głowicę sonarową określa się często jako „ryba sonarowa” (z ang. *tow fish* lub *sonar fish*). Urządzenie wysyła sygnał akustyczny w postaci impulsów, prostopadle do kierunku poruszania się głowicy. Zamontowane czułe odbiorniki sygnału (zwane także hydrofonami) odbierają odbity sygnał przetwarzany na obraz cyfrowy. Powracające echa z jednego impulsu przedstawiane są jako pojedyncza linia z jasnymi i ciemnymi odcieniami barw, reprezentującymi słabe lub mocne odbicia względem czasu przejścia impulsu akustycznego (Lekkerkerk, 2011).

Współczesne sonary holowane pracują zazwyczaj na dwóch częstotliwościach niższej i wyższej, przykładowo: 100/500 kHz, 600/1600 kHz. Wysoka częstotliwość jest zwykle używana w przypadku, w którym wymagane jest pozyskanie obrazu z wysoką rozdzielczością. Wadą takiego rozwiązania jest jednak ograniczenie zasięgu pozyskania danych. Niższa częstotliwość pracy sonaru dostarcza obraz o niższej rozdzielczości, ale dzięki większej energii sygnału akustycznego, ma zdolności dłuższego zasięgu przeszukania. Podczas gdy impuls wysłany z sonaru osiągnie powierzchnię dna lub obiektu na dnie, istnieje możliwość: absorpcji sygnału przez materiał, rozproszenia, rozproszenia wstecznego (ang. *backscatter*) lub odbicia lustrzanego. Wszystkie wyżej wymienione odbicia akustyczne, są zależne od materiału oraz topografii obrazowanego obszaru i w fazie końcowej wpływają na treść obrazu (Mazel, 1985).

Powstawanie obrazu sonarowego

Interpretacja treści obrazowej jest istotnym elementem związanym z odczytaniem właściwej informacji z pozyskanego obrazu. Sama interpretacja treści obrazów sonarowych nie należy do łatwych. Jak w przypadku każdego sensora, wymagana jest od interpretatora znajomość: zasad powstawania obrazu, etapów jego korekcji, metod poprawiania jakości jego treści w fazie opracowania, jak również po jego opracowaniu, podstawowej metodyki interpretacji.

W przypadku obrazów sonarowych, interpretator powinien przede wszystkim posiadać znajomość zasad powstawania obrazu w sonarze. Optywowa ryba sonaru zawiera przetworniki holowane na pewnej głębokości pod lustrem wody. Formowanie obrazu sonarowego (rys. 1) realizowane jest na podstawie emitowanych impulsów dźwiękowych. Sonar mierzy i wyświetla odległości obiektów od przetwornika, który jest punktem odniesienia przy określaniu ich pozycji. Przedział czasu, podczas którego impuls rozprzestrzenia się w kolumnie wody oznacza, że żadne echo nie powraca do układu odbiorczego. Obszar tego czasu będzie przedstawiony w postaci jasnego pasa (lub ciemnego, dla obrazu pozytywowego-odwróconego), pod warunkiem, że jakiś obiekt nie znajdzie się w tej strefie. W odniesieniu do tego jakie będzie położenie sonaru w kolumnie wody, pierwsze echo może być odbiciem od dna bezpośrednio pod sonarem lub odbiciem od powierzchni wody. Wiązka sonarowa dzięki swojemu kształtowi i charakterystyce kierunkowości dociera do powierzchni wody oraz pionowo w dół dna. Obiekty wystające powyżej dna uniemożliwiają fali akustycznej dotarcie do strefy dna bezpośrednio za danym obiektem, powodując jednocześnie tworzenie się cienia akustycznego, odwzorowującego się w postaci obszaru ciemniejszego lub wręcz czarnego (dla zapisu pozytywowego) (Grządziel, 2004).

Prawidłowo wykonany zapis sonarowy ukazuje najbardziej charakterystyczne cechy dobrych obrazów sonarowych. W związku z jednokanałową rejestracją obrazu sonarowe są obrazami z przypisaną skalą poziomów jasności. Cienie dostarczają więcej informacji niż sam obraz kadłuba i mogą być wykorzystywane do obliczenia wysokości tych struktur oraz bezpiecznej wysokości ponad nimi. Obrazy dobrej jakości pozwalają ocenić czy wrak jest w całości, czy składa się z kilku części, czy stoi na stepce, czy też leży na burcie. Można też określić, w jakim stopniu jest on zasypany piaskiem, a także jak silne prądy występują przy dnie morza w rejonie wraku (Hac, 1997). Cienie akustyczne (rys. 2) pozwalają na szczegółową analizę fizycznego stanu obiektu i wprowadzenie trójwymiarowego charakteru zdjęcia. Posiadają niebywale znaczenie dla operatora, który polega na ich pozycji, kształcie, intensywności tak, aby precyzyjnie zinterpretować otrzymany zapis. Dodatkowo są pierwszą wskazówką obecności obiektu lub różnych cech charakterystycznych topografii dna danego akwenu. To dzięki otrzymywanym cieniem istnieje możliwość obliczenia wysokości wystawiania obiektu nad dnem. Impuls akustyczny w środowisku wodnym rozchodzi się względnie prostoliniowo. Przy wykryciu obiektu, geometria zależności długości cienia sonarowego (L_s), odległości sonaru od dna (H_f) oraz odległości do obiektu (R_s) tworzy dwa trójkąty podobne, w których boki jednego są proporcjonalne do odpowiednich boków drugiego trójkąta. Dzięki tym proporcjom możliwe jest skalkulowanie wysokości obiektu nad dnem oraz głębokości minimalnej nad obiektem (rys. 3). Kształt obiektów rzucających cień jest zazwyczaj bezpośrednio związany z kształtem cieni na zapisie obrazu sonarowego. Rola cienia w interpretacji treści sonogramów jest tak samo istotna jak w przypadku obrazów rejestrowanych sensorami optycznymi. Cienie obiektów są funkcją kąta pod jakim impulsy z wiązki sonaru uderzają w obiekt. Może wystąpić zjawisko, że obiekt „oświetlony” z jednego kąta może rzucać bardzo wyrazisty cień, podczas gdy przy zmianie kąta nie będzie dawał żadnego cienia. Odbity impuls akustyczny od obiektu dobrze odbijającego, takiego jak skały, krawędzie, rafy, obiekty metalowe i drobne zmarszczki piaszkowe, przedstawiany jest na zapisie sonaru jako obszar jaśniejszy. Skały i żwir są lepszymi materiałami odbijającymi aniżeli piasek lub muł, dlatego dają jaśniejsze echa na zapisie sonaru. Kształt fizyczny pojedynczych cząstek elementarnych tych materiałów w sposób znaczny wpływa na współczynnik odbicia fali oraz wsteczne rozpraszanie. Intensywność zapisu generowanych obrazów dna jest funkcją

rodzaju materiału oraz kąta nachylenia powierzchni oświetlanych przez wiązkę sonarową. Dźwięk odbity od żelaza, stali, wytwarza jaśniejszy obraz w stosunku do obiektów betonowych, kamieni, skał, głazów, ale te dają jaśniejsze echa aniżeli materiały drewniane. Obiekty o strukturze powierzchni chropowatej, nierównej lub postrzępionej (np. bloki betonowe, rurociągi, elementy budowli hydrotechnicznych) lepiej odbijają impulsy dźwiękowe i przez to są źródłem silnych, wyraźnych ech (Mazel, 1985; Grządziel, 2004). Oprócz powyżej przedstawionego przykładu interpretacji obrazów, istnieje możliwość pracy na odwróconej palecie kolorów, gdzie odbicia sonarowe przedstawiane są w ciemnych barwach, a cienie w jaśniejszych.

Dedykowane oprogramowanie do edycji obrazów sonarowych

Dane z pomiarów hydrograficznych zapisywane są na dysku twardym w postaci plików dedykowanych danemu typowi sonaru lub w uniwersalnym formacie zapisu danych hydrograficznych XTF. Każdy plik zawiera głównie dane w postaci sonogramu, wraz z zapisem danych z systemu pozycjonowania (GPS, DGPS, RTK lub innego). Oprogramowanie służące do obróbki danych sonarowych ma za zadanie ułatwić poprawę treści obrazowych oraz stworzyć zarejestrowaną w wybranym układzie współrzędnych geograficznych postać sonogramu, czyli mozaikę sonarową.

Cały proces przetwarzania danych rozpoczyna się od importu danych sonarowych. Oprogramowanie przetwarza dane surowe do postaci plików, które będą poddawane edycji (dane surowe pozostają bez zmian). W pierwszym etapie następuje wskazanie pierwszego odbicia od dna. Odległość ta wyznacza także wysokość holowanego sonaru nad dnem. Efektem tego procesu jest wyeliminowanie strefy martwej, a zarazem korekcja geometryczna obrazu sonarowego (rys. 4). Pozycja pozorna pikseli znajdujących się w bliskiej odległości sonaru, zostaje skorygowana na właściwą pozycję ze względu na czas odbicia wiązki oraz wysokość sonaru nad dnem (Blondel, Murton, 1997).

Po korekcji geometrycznej obrazu, następuje etap obróbki sygnału. Po zastosowaniu wszystkich dostępnych narzędzi, obraz powinien być znormalizowany pod względem intensywności przy zachowaniu jego szczegółów, np. elementów leżących na dnie. Na potrzeby artykułu, wykorzystano oprogramowanie SonarWiz, które posiada kilka narzędzi obróbki sygnału: automatyczny dobór wzmocnienia (AGC – *Automatic Gain Control*), zasięgową regulację wzmocnienia sygnału odbitego od dna (TVG – *Time Varying Gain*) oraz ustawienia manualne.

Algorytm automatycznego wzmocnienia sygnału mierzy lokalnie średnią siłę sygnału próbki, a następnie przeskalowuje ją jako średnią pewnej liczby danych (amplitud), które znajdują się na tej samej rzędnej po lewej i prawej stronie próbki.

Filtr ten opiera się na dwóch ustawieniach: intensywności i rozdzielczości. Intensywność wpływa na jasność obrazu, a rozdzielczość na wielkość okna próbkowania wzmocnienia sygnału. Wysoka wartość rozdzielczości nie wpływa na rozdzielczość obrazu, ale redukuje efekt normalizacji. Natomiast niska wartość, wykazuje na obrazie spadek rozdzielczości (rys. 5) (Chesapeake, 2010).

Po zastosowaniu odpowiednich ustawień AGC, zauważalne jest wyeliminowanie błędnych zapisów wzmocnienia (podłużne pasy na oryginalnym obrazie). Ustawienie to wpłynęło negatywnie na cienie sonarowe, które straciły ostrość (rys. 6).

Funkcja automatycznego TVG, działa przez podział danych obrazu sonarowego na równoległe pasy, próbując wyrównać obraz tonalnie dla każdej wiązki, ze względu na wzmocnienie sygnału odbitego od dna oraz czas jego przemieszczania się (Chesapeake, 2010). Jest to funkcja, dzięki której na obrazie sonarowym, obiekty leżące blisko i daleko sonaru będą miały podobną jasność i intensywność odbicia. Po zastosowaniu korekcji, otrzymany obraz jest jaśniejszy, został on także wyrównany tonalnie (rys. 7). Widoczne wcześniej różnice w jasności obrazu zostały zniwelowane. Obiekty leżące na dnie, są lepiej rozróżnialne od tła obrazu, co wpływa na sprawniejszą interpretację. Obraz sonarowy w tej postaci może być dalej przetwarzany innymi metodami oraz programami.

Ostatnimi funkcjami korekcji obrazu sonarowego są proste ustawienia, bazujące na kontraście i kolorze. Funkcje te, nie biorą pod uwagę parametrów zapisu obrazu związanych bezpośrednio z sygnałem akustycznym, działają na poszczególnych pikselach obrazu wynikowego. Zastosowanie funkcji jasności, kontrastu oraz nasycenia wpłynęło nieznacznie na obraz sonarowy. Uwydatniono cienie sonarowe od obiektów leżących na dnie, jednakże zmniejszono szczegółowość samych odbić (rys. 8).

Analiza metod poprawiania treści obrazów sonarowych

Obecnie na rynku dostępne są różne rodzaje oprogramowania do obróbki danych obrazowych. Z zakresu profesjonalnego oprogramowania można wyróżnić dedykowane oprogramowanie teledetekcyjno-fotogrametryczne. Oprogramowanie to zawiera zwykle wiele narzędzi do opracowania danych z zakresu korekcji radiometrycznej oraz geometrycznej, jak również zestaw narzędzi umożliwiających poprawianie jakości zobrazowań teledetekcyjnych. Nieco mniejszą funkcjonalność, aczkolwiek zbliżoną, posiadają coraz częściej programy środowiska GIS, które oferują czasami zaawansowane funkcje związane z przetwarzaniem obrazów. Dotyczy to również zestawu narzędzi mających na celu zwiększenie ich potencjału interpretacyjnego. Do tej grupy można zaliczyć, zarówno oprogramowanie typu open source jak i komercyjne. Kolejna grupa oprogramowania jest adresowana do fotografów, a dokładnie związana z obróbką zdjęć cyfrowych. Oprogramowanie to, ze względu na szerokie zapotrzebowanie i dość dynamiczny rozwój, oferuje z reguły bardzo dużo narzędzi umożliwiających poprawianie jakości zdjęć. W związku z powyższym, przeprowadzono analizy wybranych programów w zakresie poprawiania jakości obrazów sonarowych. Do analizy, podobnie jak w przypadku oprogramowania dedykowanego, wykorzystano mozaikę sonogramu.

ERDAS IMAGINE

ERDAS IMAGINE jest profesjonalnym oprogramowaniem fotogrametryczno-teledetekcyjnym. W związku z tym posiada najbardziej zaawansowane funkcje. Oprócz podstawowych operacji związanych z rozciąganiem histogramu, udostępnia wiele narzędzi korekcji radiometrycznej, operatory przestrzenne oraz filtry. Dla potrzeb prezentowanej w artykule pracy, badania przeprowadzono dla wybranej grupy narzędzi w wersji *Advantage*. Związane głównie to było z metodami poprawy kontrastu obrazu, korekcją fotograficzną, filtrami, usuwaniem zakłóceń oraz wyostreniem. W tabeli 1 zestawiono wyniki testów związanych z wykorzystaniem metod poprawy kontrastu obrazów.

Oprócz standardowych operacji na histogramie, ERDAS IMAGINE posiada możliwość dokonania korekcji fotograficznej. Związane jest to z rozjaśnieniem obszarów jasnych bez

Tabela 1. Zestawienie wyników metod poprawy kontrastu (ERDAS IMAGINE)

Typ	Zakres stosowania	Efekt
<i>Standard Deviation</i>	cały obraz, lokalnie	zmiana barwy, nieznaczne uwypuklenie obiektów, w tym mniejszych, zwiększenie ziarnistości obrazu
<i>Dynamic Range Adjust</i>	cały obraz, lokalnie	możliwość poprawy jakości obrazu poprzez dostosowanie zakresów składowych rgb oraz skali szarości, uwypuklenie mniejszych obiektów
<i>Gaussian, Gamma</i>	cały obraz, lokalnie	zmiana barwy, obraz zbyt ciemny, ogólnie spadek potencjału interpretacyjnego, duża ziarnistość obrazu
<i>Histogram Equalize</i>	cały obraz, lokalnie	zmiana barwy, obraz przyciemniony, duża ziarnistość obraz zbyt ciemny, ogólnie spadek potencjału interpretacyjnego
<i>Level Slice</i>	cały obraz, lokalnie	możliwość uwypuklania obiektów poprzez zmniejszanie liczby poziomów jasności, zwiększanie powoduje osiągnięcie oryginalnej jakości obrazu
<i>Linear</i>	cały obraz, lokalnie	w zasadzie bez znaczących zmian w porównaniu z obrazem oryginalnym, możliwość poprawy poprzez zwiększenie współczynnika slope oraz shift
<i>Minimum-Maximum</i>	cały obraz, lokalnie	obraz nie różni się zasadniczo od obrazu oryginalnego
<i>Percentage LUT</i>	cały obraz, lokalnie	bez większych zmian w stosunku do obrazu oryginalnego po możliwych zmianach parametrów, zwiększanie wartości parametrów powoduje przyciemnianie obrazu

utrąty szczegółów, wzmocnieniem obszarów jasnych i zacienionych. Dodatkowo istnieje możliwość zmiany temperatury barwowej. Dzięki tym funkcjom operator posiada dodatkowo możliwość poprawienia jakości obrazu, a więc wizualnego wzmocnienia cech rozpoznawczych obiektów. Oprócz tego program daje możliwość zastosowania kilkudziesięciu filtrów, co jednak w przypadku analizowanego obrazu nie znalazło większego zastosowania. Zauważalnie jakość sonogramu podnosiły filtry wyostrajające oraz wzmacniające krawędzie (okno filtra 3x3 piksele). Inne funkcje, takie jak usuwanie szumu, pogorszyły jakość obrazu. Na rysunku 9 zaprezentowano obraz sonarowy po korekcie kontrastu z wykorzystaniem metody *Dynamic Range Level*, korekcji fotograficznej (wzmocnienie obszarów jasnych, cieni oraz zwiększenie parametru temperatury barwowej) z manualnym dostosowaniem wyostrzenia.

ArcMap

Aplikacja ArcMap 10.1 posiada następujące funkcje poprawiania jakości obrazów: jasność, kontrast, rozciąganie histogramu (różne metody: *Standard Deviation*, *Histogram Equalize*, *Minimum-Maximum*, *Percent Clip*, *ESRI*), rozciąganie jasności Gamma wraz opcjami manualnego ustawiania histogramu, jak również statystyk danych obrazowych. Dodatkowo, rozciąganie histogramu można zastosować dla całego obrazu lub tylko wyświetlanej części w oknie roboczym. Przy testowaniu tych funkcji standardowe wartości kontrastu i jasności były ustawione na wartość 0. W tabeli 2 zestawiono wyniki testów związanych z wykorzystaniem metod poprawy kontrastu obrazów.

Po przetestowaniu korekcji Gamma stwierdzono, że użycie jej jest problematyczne, w szczególności dla każdej składowej RGB. Jakość obrazu mogła być nieznacznie poprawiona lub pogorszona, stąd nie przeprowadzono dalszych szczegółowych analiz w tym zakresie.

Tabela 2. Zestawienie wyników metod poprawy kontrastu (ArcMap)

Typ	Zakres stosowania	Efekt
<i>Standard Deviation</i>	cały obraz, lokalnie	wyświetlanie obrazu zbliżone do domyślnej kompozycji rgb, umożliwiające identyfikację wybranych obiektów. istnieje możliwość polepszenia obrazu poprzez zmniejszenie współczynnika odchylenia standardowego, jednakże może przynieść różny efekt w przypadku lokalnego stosowania metody
<i>Histogram Equalize</i>	cały obraz	zmiana barwy, zwiększona ziarnistość obrazu, ogólnie spadek potencjału interpretacyjnego
	lokalnie	zmiana barwy, zwiększona ziarnistość obrazu, ogólnie spadek potencjału interpretacyjnego, obraz się przyciemnia przy zmniejszaniu skali
<i>Minimum--Maximum</i>	cały obraz, lokalnie	obraz wyświetlany w standardowej formie
<i>Percent Clip</i>	cały obraz	zmiana koloru skali barwnej, nieznaczne polepszenie identyfikacji obiektów
	lokalnie	zauważalna poprawa jakości obrazu, w tym identyfikacji wszystkich obiektów, tendencje do wypuklania jasnych odbić
<i>ESRI</i>	cały obraz, lokalnie	zmiana koloru skali barwnej, nieznaczne polepszenie identyfikacji wszystkich obiektów, wzrost ziarnistości obrazu

Użycie odpowiedniego rozciągania histogramu było wystarczające dla osiągnięcia poprawy jakości obrazu. W przypadku aplikacji ArcMap najlepszy rezultat osiągnięto stosując lokalne rozciąganie histogramu *Percent Clip* (rys. 10). Ten typ rozciągania wzmacnia echa silniejsze, przy zachowaniu cieni. Umożliwia to osiągnięcie lepszej kontrastowości treści obrazu w całym zakresie, zwiększenie szczegółowości i zauważalne poprawienie jego potencjału interpretacyjnego. Dość dobre efekty przyniosło również standardowe zwiększenie kontrastu i jasności.

ViewNX 2

Program ten, udostępniany przez firmę NIKON, służy do poprawiania jakości fotografii cyfrowych. Oprogramowanie posiada podstawowy zasób funkcji, włączając w to przetwarzanie danych RAW, umożliwiające przeprowadzenie podstawowych operacji związanych z korekcją obrazów. Z analizowanych funkcji wykorzystano w badaniach funkcje jasności, kontrastu, wyostrozania, uwydatniania szczegółów w cieniach (*Shadow Protection*) oraz światłach (*Highlight Protection*), wyrównania tonalnego (*D-Lighting*), szczególnie w cieniach oraz obszarach prześwietlonych.

Analizując możliwości poprawienia jakości mozaiki w tym programie, konieczna była wstępna korekcja jasności (zwiększenie do poziomu 20), następnie zwiększenie wartości funkcji *Shadow Protection* do 50, korekcja wzmocnienie barw do poziomu 10 oraz zwiększenie ostrości do poziomu 2. Zwiększenie ostrości zauważalnie poprawiło jakość obrazu, zwiększając jego czytelność (rys. 11). Pozostałe funkcje wyłączono z korekcji ze względu na ich znikomy bądź negatywny wpływ. W przypadku tego programu zadowalające efekty można było osiągnąć również przez samą korekcję kontrastu i jasności.

Lightroom

Lightroom (wersja 5) jest oprogramowaniem dedykowanym do obróbki zdjęć cyfrowych firmy Adobe. Można je zaliczyć do zaawansowanych, jednakże wszystkie operacje związane są z pojedynczym zdjęciem (tzn. nie ma możliwości tworzenia warstw). W analizowanym przypadku jest to wystarczające. Liczba funkcji jest zdecydowanie większa niż w przypadku programów podstawowych. Z jednej strony daje to większe możliwości korekcy obrazu, z drugiej utrudnia wybór tych właściwych. Poczynając od operacji podstawowych, dostosowanie jasności i kontrastu poprawia zauważalnie jakość obrazu. Dodatkowo program posiada funkcje uwydatniania szczegółów w cieniach, światłach, ich wzmacnianie oraz wiele innych. W niniejszej pracy zaprezentowano ustawienia i użycie funkcji, które poprawiło wizualizację analizowanego sonogramu. W pierwszym kroku dokonano korekcy jasności (+0,71) i kontrastu (7). Następnie wykorzystano narzędzie usuwania szumów. Narzędzie to odgrywa istotną rolę w tym programie i posiada trzy parametry: luminancja (*Luminance*), szczegóły (*Detail*) i kontrast (*Contrast*). Podstawowym parametrem jest *Luminance*, który głównie odpowiada za redukcję szumów. Efektem wizualnym na sonogramie jest uzyskanie „gładkiej” powierzchni dna. Kolejny parametr umożliwia ustawienie stopnia zachowania szczegółów, natomiast ostatni regulację kontrastu. W pracy zastosowano następujące parametry *Luminance* = 80, *Detail* = 51, *Contrast* = 0. Następnie dokonano korekty tonalnej z wykorzystaniem krzywej tonalnej, umożliwiającej oddzielne zmiany w obszarach bardzo jasnych (+12), jasnych (+26), ciemnych (-23) i cieniach (-30).

Obraz taki posiadał znacznie zredukowane szумы, przez co uwydatniły się obiekty na dnie akwenu. Dotyczy to wszystkich rozpatrywanych przypadków. Obraz w ten sposób został znacznie poprawiony i uwypuklił wizualizację mniejszych deniwelacji dna. Porównanie sonogramu przed i po korekcie zamieszczono na rysunku 12.

W zależności od potrzeb, można powyższe parametry nieznacznie korygować, aczkolwiek uzysk w jakości obrazu może być nieznaczny. Nie oznacza to jednak, że nie może okazać się pomocny w analizowaniu szczegółów.

Podsumowanie funkcjonalności oprogramowania w zakresie metod poprawiania jakości obrazów

ERDAS IMAGINE. Program ten oferuje najwięcej funkcji związanych z przetwarzaniem obrazów. Poczynając od podstawowych, takich jak rozciąganie histogramów, istnieje możliwość dokonania korekcy radiometrycznej, zastosowania filtrów, wyostrenia oraz dokonania korekcy fotograficznej. W związku z powyższym można poprawić jakość sonogramu przez dobór odpowiednich narzędzi, co jednak wymaga od operatora ich wstępnego przetestowania. Zaletą programu jest możliwość szybkiego podglądu efektu działania danych funkcji na obrazie i ich porównania przed finalnym zastosowaniem. Oprogramowanie to dawało najwięcej możliwości z testowanych programów.

ArcGIS. Program ten posiada przede wszystkim rozbudowane możliwości rozciągania histogramów, jednakże najbardziej efektywnym jest rozciąganie typu *Persent Clip*. Istotny jest wybór zakresu rozciągania z całego zbioru zdjęć bądź widocznego fragmentu. W zależności od potrzeb można dodatkowo dokonać korekcy Gamma. Użytkownik posiada możliwość szybkiego sprawdzenia efektu wybranej funkcji oraz ustawienia parametrów indywidualnie.

ViewNX 2. Program ten zasadniczo jest przeznaczony do obróbki zdjęć cyfrowych. Pomimo udostępniania tylko podstawowych funkcji, okazał się przydatny w zwiększaniu jako-

ści sonogramu. Wymagało to jednak doboru odpowiednich paramentów, co przy ich ograniczonej liczbie nie stanowiło problemu. Funkcją, która daje zauważalne efekty, było zwiększenie ostrości, które uwydatniło analizowane obiekty. Niestety zbytne zwiększanie tego parametru powoduje zwiększenie szumów i spadek potencjału interpretacyjnego obrazu.

Lightroom. Program ten jest adresowany do bardziej zaawansowanych fotografów. Posiada wiele ciekawych funkcji, które wymagają testowania i mogą na początku być problematyczne w użyciu. Bardzo pomocna okazała się funkcja redukcji szumów. Umożliwiła ona usunięcie szumu i wypuklenie obiektów dennych, z lepszą wizualizacją deniwelacji dna. W związku z tym, że część informacji jest usuwana domyślnie jako szum, końcowa postać sonogramu powinna być dodatkowo zweryfikowana z wykorzystaniem materiału oryginalnego.

Wnioski

Jak można zauważyć, obecnie istnieje możliwość poprawy jakości obrazów teledetekcyjnych z wykorzystaniem różnego typu oprogramowania. Programy te są zróżnicowane pod kątem funkcjonalności. Niewątpliwie, najwięcej metod polepszania treści analizowanych obrazów sonarowych posiada oprogramowanie fotogrametryczno-teledetekcyjne, a następnie GIS oraz programy do przetwarzania fotografii cyfrowych. Z analizowanych metod warto przede wszystkim zwrócić uwagę na te, które w zauważalny sposób wpływają na poprawienie treści obrazów sonarowych. W pierwszej kolejności są to metody bazujące na zmianie histogramu, do których można zaliczyć metodę *Percent Clip* (ArcGIS) oraz *Dynamic Range Adjust* (ERDAS IMAGINE). Ponadto, zauważalne było poprawienie obrazu przez zastosowanie funkcji wyostrzania, w granicach pewnego poziomu (ERDAS IMAGINE, ViewNX 2, Lightroom). Zbytne wyostrzanie prowadziło jednak do zwiększenia ziarnistości obrazu. Interesujące wyniki otrzymano po zastosowaniu funkcji usuwania szumu. W tym przypadku, głównie ze względu na możliwość dostosowania parametrów, najbardziej efektywne okazało się narzędzie programu Lightroom. Do wad analizowanych metod można zaliczyć zmianę skali barw (jeśli występowała), co zmieniało nieco sposób postrzegania szczegółów znajdujących się na dnie i jest, w subiektywnym odczuciu, trochę uciążliwe.

Przy niejednokrotnie zaawansowanej funkcjonalności programów i narzędzi należy podkreślić, że we wszystkich programach zalecana jest przynajmniej podstawowa korekcja jasności i kontrastu, jeśli użytkownik rezygnuje z wykorzystania funkcji bardziej zaawansowanych. Należy przy tym nadmienić, że przedstawione w pracy metody mogą dać nieco odmienny wynik, w zależności od charakteru obrazu lub jego wielkości. Równie zmienny efekt może dawać lokalne rozciąganie histogramu, zwykle dostosowane obszarowo do rozmiarów okna roboczego aplikacji, jak również nieco odmienna implementacja algorytmu danej metody.

Pomimo wielu funkcji reprezentowanych w programach z zakresu fotogrametrii, fotografii czy GIS, nieodzowne jest stosowanie dedykowanych programów służących do wstępnego przetwarzania obrazów sonarowych, w celu przeprowadzenia korekcji geometrycznej, wzmocnienia lub zasięgowej regulacji wzmocnienia. Operacje te decydują bowiem o końcowym wyniku analizy obrazu, podobnie jak w przypadku opracowania zdjęć lotniczych lub obrazów satelitarnych.

Literatura

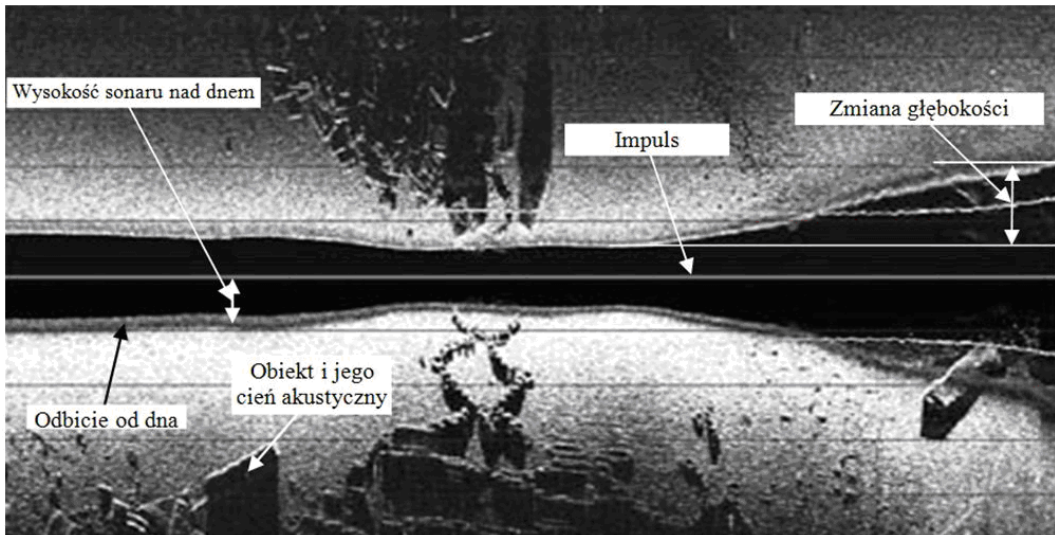
- Adamczyk J., Będkowski K., 2007: Metody cyfrowe w teledetekcji. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Blondel P., Murton B.J., 1997: Handbook of seafloor sonar imagery.
- Chesapeake Technology, 2010: SonarWiz5 User Guide.
- Grządziel A., 2004: Geometria sonaru bocznego – klucz do zrozumienia interpretacji obrazów sonarowych. *Przegląd Morski* 7-8.
- Hac B., 1997: Zasady interpretacji pomiarów wykonywanych sonarem bocznym. *Przegląd Morski* 12.
- Lekkerkerk H-J., Theijs M.J., 2011: Handbook of offshore surveying, Skilltrade.
- Łubczonek J., Zaniewicz G., 2012: Opracowanie i wizualizacja numerycznych modeli terenu oraz dna morskiego dla potrzeb geoinformatycznego systemu ochrony portu. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* vol. 24.
- Łubczonek J., Trojanowski J., Włodarczyk-Sielicka M., 2012: Zastosowanie trójwymiarowego zobrazowania informacji nawigacyjnej w mapach elektronicznych dla żeglugi śródlądowej. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* vol. 23.
- Mazel Ch., 1985: Side Scan Sonar Record Interpretation. Klein Associates Inc.
- Pyka K., 2009: Jak ocenić jakość fotometryczną ortofotomapy? *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji* vol. 19.
- Stateczny A., Ratuszniak N., 2010: Poprawa potencjału interpretacyjnego obrazów sonaru skanującego w oparciu o dane z sondy wielowiązkowej. *Roczniki Geomatyki* t. 8, z. 5(41), PTIP Warszawa.
- Ye Q., Huang H., Zhang C., 2004: Image enhancement using stochastic resonance (sonar image processing applications). International Conference on Image Processing vol. 1, 2004.

Abstract

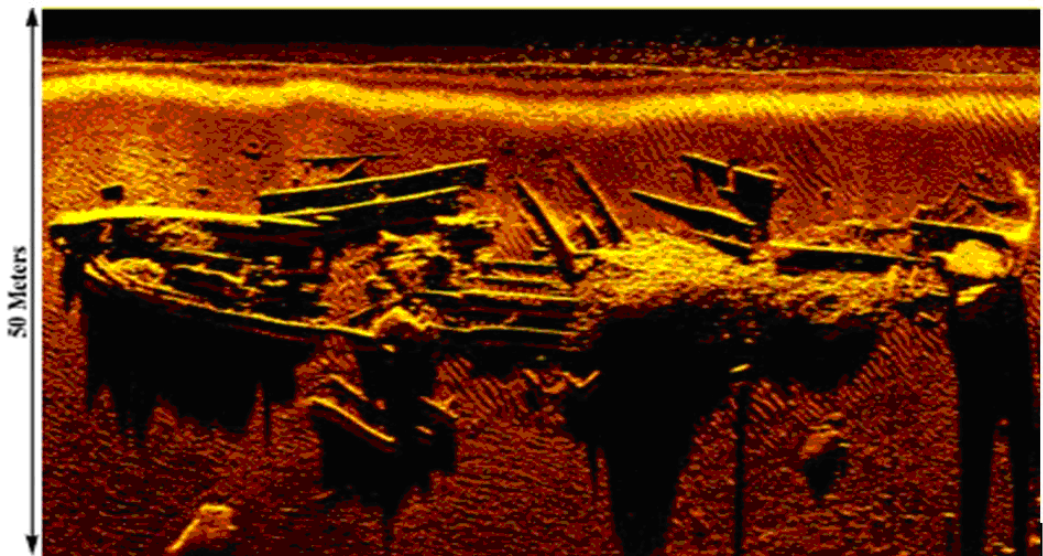
Working with side scan sonar images is similar to aerial photographs or satellite images and it requires a complex process of data processing. This is due to the geometric correction and values correction stored in the individual pixels. The use of sonar data is mainly related to the analysis of visual information. They are a valuable source of information about objects on the sea bottom and their shape. The present sonar sensors allow the operator to record data at a resolution of a few centimetres, which in theory should improve potential interpretation of images. In fact, a smaller raster cell size increases the detail, but single-channel recording reduces the effectiveness of detection and later identification of objects. Therefore, an important element in the interpretation of the sonar information is to improve the quality of its content. This can be done by dedicated functions, which are also used to enhance the quality of aerial photographs or satellite images. The present software provides wide possibilities to correct images, including software dedicated to processing digital photos, GIS software or software dedicated for photogrammetry and remote sensing data processing. These programs are usually different in terms of functionality and tools available. Their present capabilities provide motivation to analyse selected methods to improve the content of sonar images. In this paper, analyses were directed at the identification of methods to increase the efficiency of detection and later identification of objects. In the studies, dedicated software for sonar data processing and software used in processing other imaging data were included. Research work is financed from the fund for science in years 2011-2012.

dr inż. Jacek Łubczonek
j.lubczonek@am.szczecin.pl

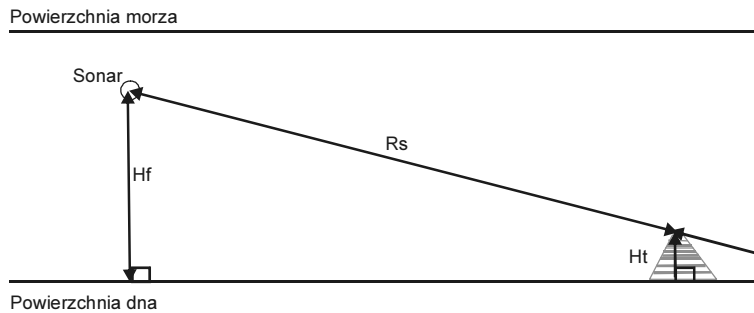
mgr inż. Grzegorz Zaniewicz
g.zaniewicz@am.szczecin.pl
tel. 91 48 77 177



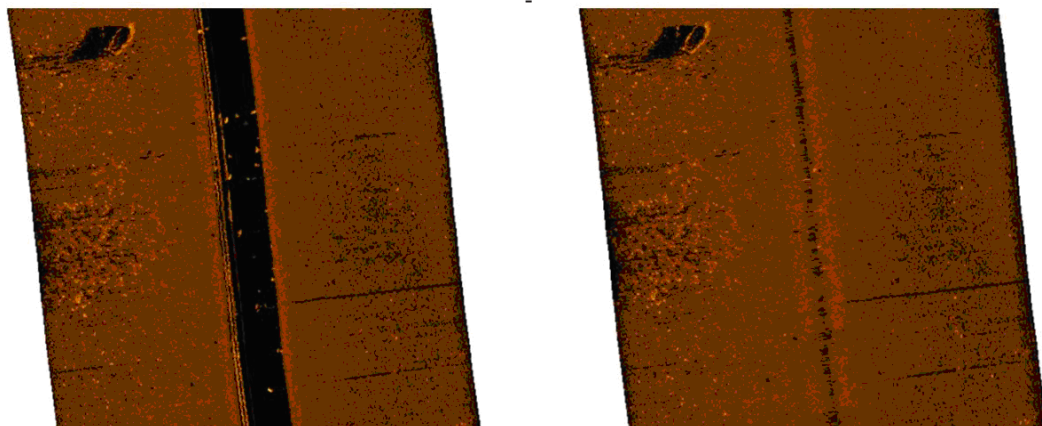
Rys. 1. Obraz zapisu sonarowego (obraz pozytywny) z typowymi cechami charakterystycznymi (źródło: opracowanie własne na podstawie www.sea-viewdiving.com)



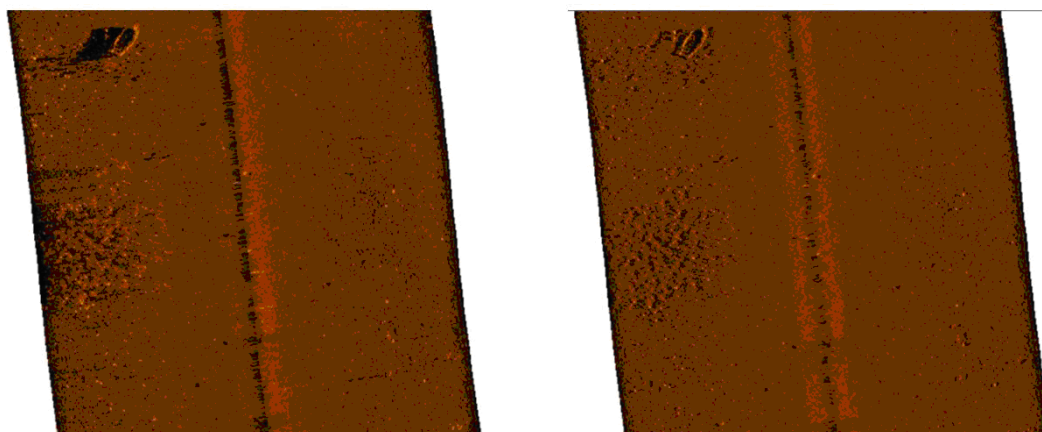
Rys. 2. Obraz sonarowy wraku Lidador (źródło: opracowanie własne na podstawie Sea Scan Review)



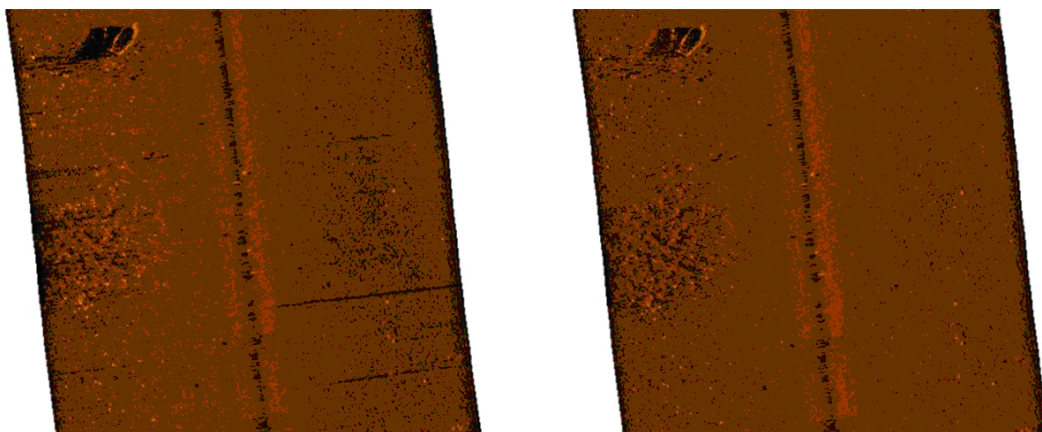
Rys. 3. Zasada obliczenia wysokości obiektu nad dnem (źródło: opracowanie własne na podstawie IHO M-13)



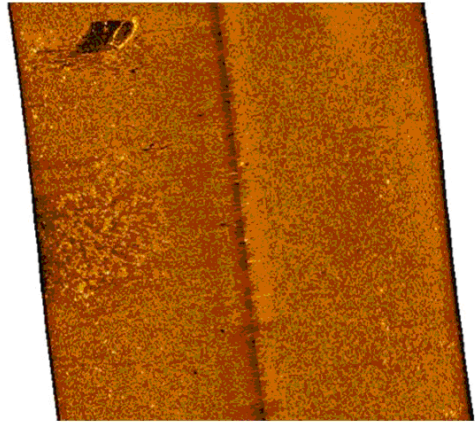
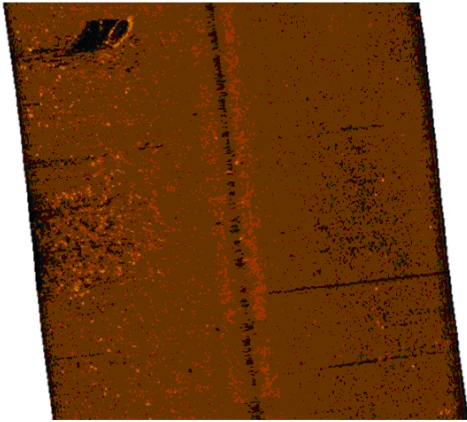
Rys. 4. Obraz sonarowy przed i po korekcie geometrycznej



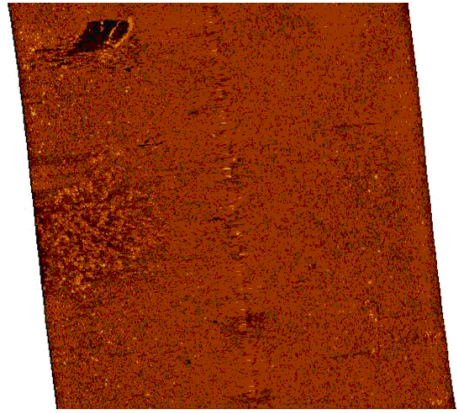
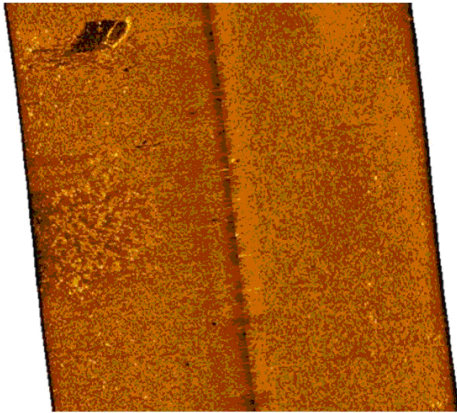
Rys. 5. Wysoka wartość rozdzielczości i niska wartość rozdzielczości dla funkcji AGC (zasięg sonaru 20 m)



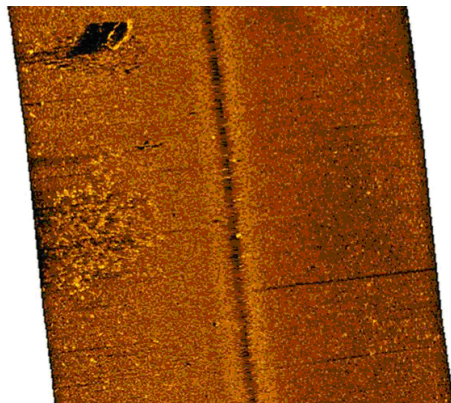
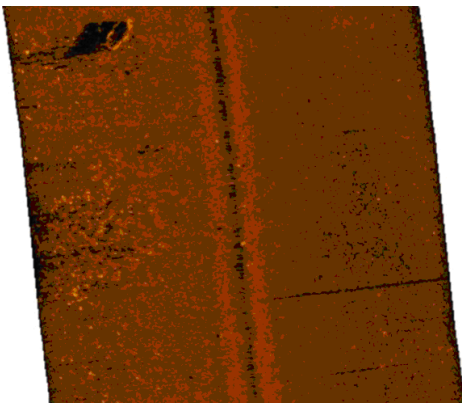
Rys. 6. Poprawne ustawienia funkcji AGC



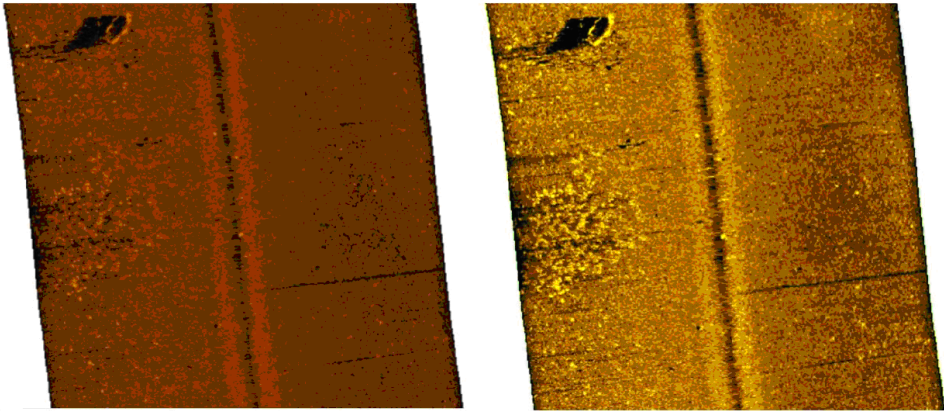
Rys. 7. Korekcja TVG



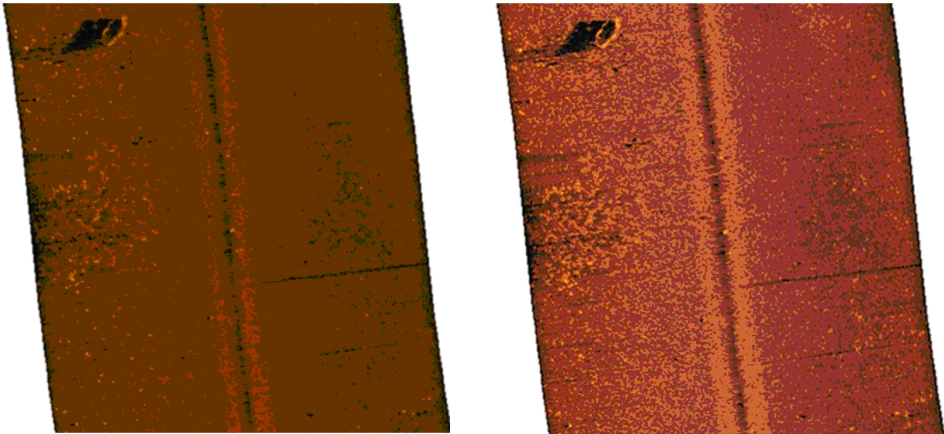
Rys. 8. Zastosowanie funkcji kontrastu i koloru



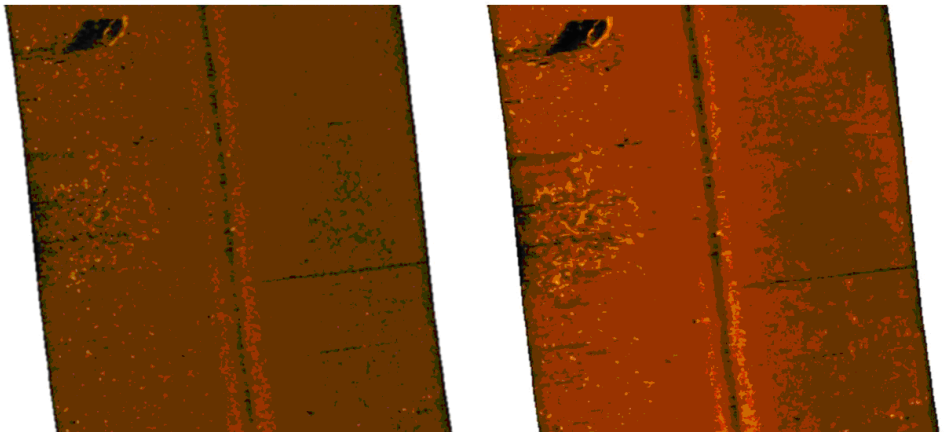
Rys. 9. Sonogram oryginalny i po zastosowaniu wybranych funkcji ERDAS IMAGINE



Rys. 10. Sonogram oryginalny i po zastosowaniu rozciągania histogramu typu Percent Clip w ArcMap



Rys. 11. Sonogram oryginalny i po zastosowaniu wybranych funkcji w programie ViewNX 2



Rys. 12. Sonogram oryginalny i po zastosowaniu wybranych funkcji w programie Lightroom