

WĄŻ Mariusz¹

REJESTRACJA I PRZETWARZANIE ZOBRAZOWANIA RADAROWEGO W CELU ZWIĘKSZENIA MOŻLIWOŚCI DETEKCJI ECH O NISKIM POZIOMIE SYGNAŁU

Artykuł przedstawia metodę rejestracji sygnałów radarowych oraz ich przetwarzania do postaci umożliwiającej detekcję ech o słabej wykrywalności. Do rejestracji pierwotnych sygnałów radarowych wykorzystano oscyloskop cyfrowy firmy TEKTRONIX DPO 3012. Zarejestrowane obrazy poddano sumowaniu w celu zwiększenia możliwości detekcji słabych ech radarowych. Artykuł powstał w ramach projektu badawczego KBN Nr: 0 N526 053 737 pt.: „Wielowymiarowe zobrazowanie okrętowego radaru nawigacyjnego do detekcji obiektów o niskiej wykrywalności”.

A NEW METHOD FOR RECORDING AND PROCESSING RADAR IMAGES WHICH IMPROVES CAPABILITY OF DETECTING POORLY RECOGNIZABLE RADAR ECHOES

The paper presents a new method for recording radar signals and transforming them to the form which enables detection of poorly recognizable echoes. To record original radar signals, digital oscilloscope TEKTRONIX DPO 3012 was used. Recorded radar images were summed up to increase detectability of poor radar echoes. The paper is a result of the research project no 0 N526 053 737.

1. WSTĘP

Do zobrazowania sytuacji radiolokacyjnej stosuje się rozmaite wskaźniki radarowe. Rzadko obecnie spotykane wskaźniki z obrotową podstawą czasu były pokryte luminoforem o długim czasie świecenia. Ruch promienia, rozjaśniającego elementy obrazu był ściśle skoordynowany z obrotami anteny.

Wskaźnik panoramiczny był przez dziesięciolecia niezastąpiony. Wszystkie nowości w dziedzinie zobrazowania danych radarowych były udoskonaleniami wskaźnika typu P. Dodano wyświetlanie mapy, linii kursora do pomiaru odległości i kierunku między dowolnymi punktami, znacznika do przekazywania współrzędnych echa do przelicznika (najpierw analogowego, później do komputera), i temu podobne.

¹Instytut Nawigacji i Hydrografii Akademii Marynarki Wojennej; ul. Śmidowicza 69 81-103 Gdynia,
m.waz@amw.gdynia.pl;

2. PROBLEMY DETEKCJI ECH O NISKIM POZIOMIE SYGNAŁU

Radar wykrywa obiekty na zasadzie analizy odbieranych od nich sygnałów odbitych (fali elektromagnetycznej). Dokonuje także wydzielania ech obiektów rzeczywistych spośród zakłóceń. Przy założeniu, że generowana fala rozchodzi się prostoliniowo ze stałą prędkością, określana jest odległość za pomocą pomiaru czasu przejścia fali od radaru do obiektu i z powrotem. Określanie kierunku położenia obiektu jest realizowane poprzez pomiar kąta położenia anteny w momencie odbioru echa (oczywiście, jak poprzednio, przy założeniu prostoliniowości rozchodzenia się fali). Opromieniowany obiekt przez fale elektromagnetyczne generuje fale wtórną (odbitą) stanowiącą sygnał odbity. Moc fali padającej ulega rozproszeniu we wszystkich kierunkach (najczęściej). Jakość tego sygnału zależy od parametrów modulujących nadajnika i od właściwości fizycznych wykrywanego obiektu. Dla obiektu o powierzchni gładkiej i o wymiarach większych od długości fali występuje odbicie zwierciadlane (kąt padania jest równy kątowi odbicia). Dla dużych obiektów o znacznych nierównościach powierzchni w stosunku do długości fali powstaje odbicie rozproszone (rozbicie dyfuzyjne). Z kolei dla obiektów o wymiarach równych nieparzystej liczbie połówek fali występuje odbicie rezonansowe, podobnie jak poprzednie korzystne dla celów obserwacji radarowej.

Właściwości odbijające obiektów określone są jednoznacznie przez tzw. powierzchnię skuteczną odbicia σ wyrażoną w m^2 , opisaną zależnością:

$$\sigma = 4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \frac{S_2}{S_1} \quad (1)$$

gdzie:

d – odległość do obiektu [m];

S_1 – gęstość strumienia mocy fali pierwotnej w punkcie położenia obiektu [W/m^2];

S_2 – gęstość strumienia mocy fali odbitej w punkcie położenia radaru [W/m^2].

Powierzchnia σ zależy od właściwości obijających obiektu gdyż zwiększenie S_1 prowadzi do proporcjonalnego zwiększenia S_2 i stosunek tych dwóch wartości nie ulega zmianie. Analogicznie zmiana odległości d_1 stosunek ten staje się odwrotnie proporcjonalny do d_1^2 i wielkość σ nie ulega zmianie.

W przypadku obiektów złożonych i zbiorowych (z takimi mamy do czynienia w rzeczywistości) powierzchnia skuteczna odbicia podlega fluktuacjom i stanowi wielkość przypadkową. Dla małych powierzchni σ obiekt może być niewykryty lub zlać się echem tła – zakłóceń i szumów. W najgorszym przypadku może ulec przypadkowemu usunięciu przez operatora ustawiającego poziom wzmocnienia sygnału i poziom ZRW (zasięgowej regulacji wzmocnienia)

Wielkość ech na ekranie, szczególnie dla obiektów małych (w stosunku do długości impulsu), jest w niewielkim stopniu skorelowana z rozmiarami obiektu. Radar bowiem, obiektom odbijającym całą swoją powierzchnią, dodaje stałą wartość równą: promieniowo-połowie długości impulsu plus przedział dyskretyzacji w odległości oraz kątowo-rozmiarowi kątowemu przekroju poziomego charakterystyki antenowej (w odległości pobytu obiektu) plus przedział dyskretyzacji w kącie [1]. Rozbieżność w charakterze odbić od wielu powierzchni stanowi przyczynę problemów rozróżniania ich, jako odrębnych ech, tak na ekranie radaru jak i w pamięci układów obróbki cyfrowej.

Dla zapewnienia bezpiecznej nawigacji obraz radarowy powinien dostarczyć informacji o wszelkich obiektach pływających i stałych. Z analizy wypadków wynika, że współczesne radary w niewystarczającym stopniu wykrywają jednostki o małej skutecznej powierzchni odbicia (szczególnie podczas występowania odbić sygnału od powierzchni). Często zdarza się, że słabe echa wykryte przez radar nie są rozpoznawane przez mało doświadczonego operatora.

3. KONCEPCJA REJESTRACJI SYGNAŁU WIZYJNEGO

Wychodząc naprzeciw ww. problemom wykrywania obiektów charakteryzujących się niskim poziomem sygnału odbitego opracowano koncepcję tworzenia zobrazowania zwiększającego prawdopodobieństwo detekcji ech radarowych pochodzących od tych obiektów. Koncepcja zakłada możliwość rejestracji zobrazowania w celu jego cyfrowego przetworzenia do reprezentacji umożliwiającej ekstrakcję wszystkich jego elementów (ech radarowych) mających wpływ na prowadzenia nawigacji. Istnieje wiele metod pozyskiwania zobrazowania radarowego (np. rejestracja obrazów z zastosowaniem specjalizowanych kart PC-Radar) w postaci cyfrowej bitmapy. Obraz taki jest już jednak wstępnie przetworzony przez moduł obróbki pierwotnej i wtórnej (wynika to z faktu, że obrazy pozyskiwane są prosto z bloku wskaźnika radaru). Niestety wymagane jest nieco inne odmienne podejście do problemu rejestracji zobrazowania radarowego. Mianowicie istnieje konieczność pozyskania radiolokacyjnego sygnału wizyjnego tuż przed cyfrową obróbką sygnału gdzie dokonywane są bezpowrotne zmiany jego struktury (filtracja, odszumianie itp.).

Istnieje kilka miejsc w torze odbiorczym, gdzie możemy podłączyć się z „aparatura pomiarową” i obserwować zachowanie się sygnału wizyjnego. Jednym z przyrządów do takiej operacji jest oscyloskop. Wykorzystując nowoczesne oscyloskopy cyfrowe możemy obserwowany sygnał rejestrować. Zapisany on jest w wewnętrznej pamięci oscyloskopu w określonym przez użytkownika folderze.

Na rynku istnieje grupa oscyloskopów posiadających port USB. Przyrząd z takim wejściem umożliwia podłączenie go do komputera stacjonarnego lub przenośnego (laptopa). Można na komputerze zainstalować specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające „komunikację” z oscyloskopem. Obserwowany za pomocą oscyloskopu sygnał można zapisać na twardym dysku. Właściwie przeprowadzone pomiary powinny zapewniać uzyskanie długich ciągów pomiarowych oraz edycję danych pomiarowych zarówno w postaci tabelarycznej, jak i graficznej.

Postać graficzna danych pomiarowych jest pomocna zarówno w realizacji procesu pomiarowego, jak również w kolejnych etapach przygotowania zbiorów bazodanowych. Jej charakterystyczne fragmenty mogą być dodatkowo gromadzone w systemie i wykorzystywana np. do pozycjonowania lub prowadzenia nawigacji w różnych jej etapach (patrz [3] i [4]).

Do rejestracji pierwotnego radiolokacyjnego sygnału wizyjnego wykorzystujemy oscyloskop i komputer. Sposób pozyskiwania pierwotnej wizji będzie podobny w każdym radarze. Różnica będzie polegała na wyborze miejsca pomiarowego i zastosowaniu przyrządów do rejestracji.

Dokonując przeglądu przyrządów do analizy parametrów przebiegów elektrycznych (sygnału wizyjnego) możemy rozróżnić dwa rozwiązania:

- oscyloskop z pamięcią cyfrową (DSO - Digital Storage Oscilloscope);
- digitizer pracujący w komputerze klasy PC.

W obu rozwiązaniach (oscyloskopie cyfrowym i digitizerze komputerowym) używa się tego samego elementu aktywnego - szybkiego przetwornika analogowo-cyfrowego. Zatem, główną różnicą między dwiema wymienionymi koncepcjami jest sposób organizacji pomiaru i wygląd stanowiska. Stanowisko pomiarowe do rejestracji sygnałów wizyjnych może być zbudowane w kilku konfiguracjach:

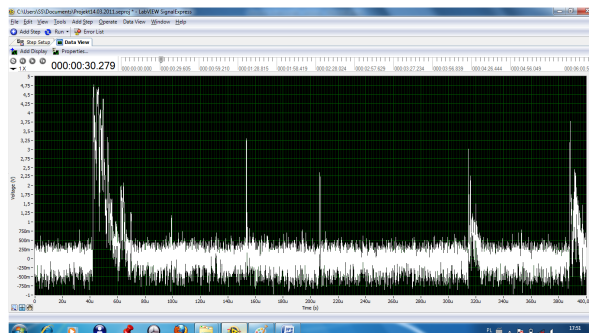
W pracy zaproponowano następujące stanowisko pomiarowe:

- radar nawigacyjny;
- oscyloskop (TEKTRONIX DPO 3012);
- komputer.



Rys 2. Zestaw pomiarowy do rejestracji pierwotnego sygnału wizyjnego z radaru nawigacyjnego (opracowane na podstawie [2])

Pozyskiwanie sygnału z odbiornika radaru uzyskujemy za pomocą stanowiska pomiarowego przedstawionego na rysunku nr 2. Pomiar i rejestrację sygnału umożliwia program National Instruments SignalExpress™ Tektronix Edition. Wykorzystując tak zbudowaną platformę pomiarową dokonano pomiarów wizji radiolokacyjnej na jednostce „Dar Młodzieży”. Stanowisko zostało podłączone na wyjście toru odbiorczego radaru nawigacyjnego NUCLEUS 5000. Dokonano dwóch sesji pomiarowych dla jakości zapisu 1000 i 10000 punktów oraz czasu rejestracji 6 minut. Rejestrację na dysku jednostki centralnej PC ustawiono na poziomie 1 sekundy (wynika to z ograniczeń wywołanych prędkością przesyłania i zapisu sygnału wizyjnego). Poniżej na rysunku przedstawiono przykładowy zapis sygnału wizyjnego w dziedzinie czasu.



Rys. 3. Rejestracja pierwotnego sygnału wizyjnego z radaru nawigacyjnego

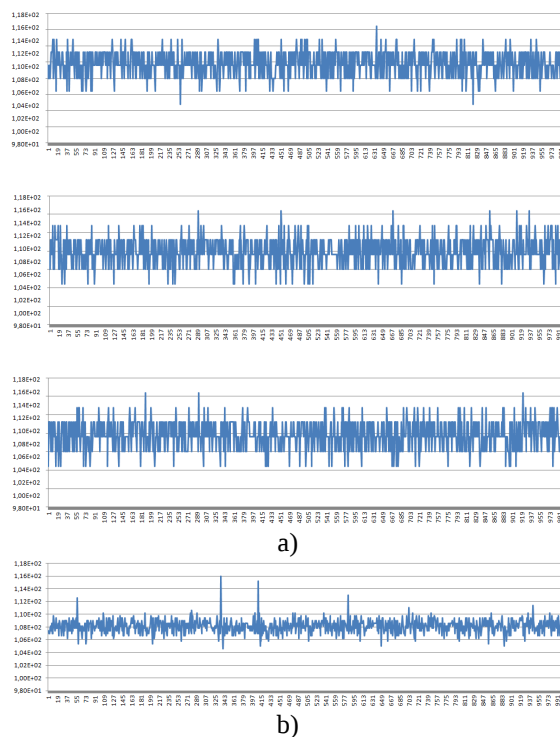
4. PRZETWARZANIE SYGNAŁU WIZYJNEGO – OBRÓBKA CYFROWA

Głównym celem obróbki wstępnej jest jak największa eliminacja zakłóceń oraz poprawienie jakości obrazu. Dodatkowo stosuje się procedury mające na celu takie przygotowanie wstępne analizowanego obrazu aby maksymalnie usprawnić proces detekcji ech pochodzących od obiektów. Obróbka wstępna obejmuje zatem usunięcie zakłóceń i szumów, eliminację nierówności oraz zaakcentowanie mało widocznych elementów.

Kolejnym problemem badawczym podlegającym rozpracowaniu jest przetwarzanie zarejestrowanego sygnału wizyjnego do postaci użytecznej – umożliwiającej detekcję ech o niskim poziomie sygnału. Sygnał wizyjny pochodzący od obiektu powierzchniowego powinien charakteryzować się stałością pozycji w stosunku do położenia anteny radarowej (przy założeniu, że obiekt nie przemieszcza się lub porusza się wolno a kolejne rejestracje sygnałów były co jeden obrót anteny). Szumy i zakłócenia mają charakter losowy. Stosując metodę sumowania obrazów pochodzących z tej samej pozycji i przy założeniu, że obserwowane obiekty były nieruchome lub poruszały się nieznacznie można poprawić jakość detekcji ww. obiektów na tle losowych zakłóceń.

Jedną z podstawowych technik stosowaną w celu usunięcia losowych zakłóceń jest sumowanie wielu obrazów tego samego obiektu. Zakładając, że każdy z obrazów zawiera jakąś przypadkową wadę, sumując je otrzymamy obraz wynikowy zawierający zakłócenia wszystkich obrazów składowych. Jednakże poziom tych niepożądanych sygnałów w stosunku do sygnału użytecznego będzie dużo niższy niż oryginalnie. Zwiększenie ilości dodawanych obrazów spowoduje dalsze zwiększenie różnicy między sygnałem pożądanym i zakłóceniem.

Przedstawiany proces sumowania obrazów polega na dodawaniu wartości odpowiadających sobie przebiegów wszystkich sygnałów wizyjnych z jednej pozycji. Po czym przeprowadzana zostaje normalizacja mająca na celu skalowanie poziomu sygnału do przedziału dopuszczalnych wartości. Wynik sumowania pokazano poniżej.



Rys. 4. Sumowanie sygnałów wizyjnych (obserwacja obiektów stałych o niskim poziomie sygnału)

Na rysunku powyżej w części a) przedstawiono przykładowe 3 przebiegi zarejestrowanego sygnału wizyjnego. Część b) natomiast obrazuje wynik sumowania i znormalizowania wartości sygnałów wizyjnych dla 150 przebiegów. Odpowiada to ok. 7,5 minuty czasu rejestracji. Wyraźnie widać na wykresie wyekstrahowane wartości napięć sygnału wizyjnego odpowiadającego przypuszczalnym echom odbitym od obiektów, które nie zostały wcześniej wykryte.

5. WNIOSKI

Przeprowadzone badania miały na celu sprawdzenie możliwości detekcji ech o niskim poziomie sygnału. Zastosowano do tego celu nowoczesne metody rejestracji oraz metody cyfrowego przetwarzania pierwotnych sygnałów wizyjnych. W przytoczonym przykładzie obserwowano obiekty nieruchome względem anteny radarowej. Innym sposobem rozwiązania tego problemu może być koncepcja stosowania wielu radarów pracujących w sposób zsynchronizowany gdzie dokonywałoby jednoczesnych rejestracji sygnałów wizyjnych tego samego akwenu. Problem ten szerzej opisano w [5]. Kolejne zadanie, które powinno być zrealizowane to opracowanie metody wykrywania słabych ech pochodzących od obiektów ruchomych.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Stateczny A.: *Metody nawigacji porównawczej*. Gdańskie Towarzystwo Naukowe. Gdańsk 2004.
- [2] Świerczyński S.: *Rejestracja sygnału wizyjnego z radaru nawigacyjnego – opis sesji pomiarowej*. Opracowanie do projektu KBN...., AMW Gdynia 2011.
- [3] Wąż M.: *Problems with Precise Matching Radar Image to the Nautical Chart*. Annual of Navigation 16/2010, Gdynia 2010
- [4] Wąż M.: *Navigation based on characteristic points from radar image*. Scientific Journals Maritime University of Szczecin, 20 (92), 2010, s. 140-145.
- [5] Wąż M.: *Synchroniczna sieć radarowa*. Konferencja Naukowa „Bezpieczeństwo w portach lotniczych i morskich”, Dęblin 2011.