

SYMULATOR BRONI MORSKICH

Rozwój trenerów, od najprostszych analogowych, datowanych na lata czterdzieste ubiegłego wieku, trwa nadal¹. Obecnie są to bardzo złożone systemy komputerowe, pracujące w sieci, odwzorowujące z założonym przybliżeniem systemy walki czasu rzeczywistego, obsługiwane podczas ćwiczeń przez operatorów systemów rzeczywistych. Wdrożony w AMW komputerowy symulator broni podwodnej jest rozwiązaniem umożliwiającym długotrwały i wielokrotny trening w celu wyrobienia określonych nawyków w realizacji procedur dowodzenia i taktycznego użycia uzbrojenia podwodnego na poziomie pojedynczego okrętu i grupy taktycznej. Zadaniem szkolonych jest przyjęcie, selekcja i interpretacja, napływającej z symulowanych środków obserwacji technicznej, informacji, poprawna ich analiza i realizacja właściwych procedur wykonawczych.

1. Wstęp

W latach 1995-1998 w Akademii Marynarki Wojennej opracowano i wdrożono komputerowy wielostanowiskowy symulator broni podwodnej przeznaczony do prowadzenia ćwiczeń z zakresu zwalczania okrętów podwodnych z użyciem torped i bomb głębinowych, zwalczania okrętów nawodnych z użyciem torped oraz stawiania min morskich ich zwalczania.

Jest to symulator pola walki typu decyzyjnego, w którym biorący udział w ćwiczeniach (dowódcy okrętów i operatorzy) na podstawie uzyskanych i przetworzonych informacji podejmują decyzje związane z wyborem, przygotowaniem i użyciem uzbrojenia w określonej sytuacji taktycznej. Wdrożone rozwiązanie zapewnia możliwość konfiguracji wybranych typów okrętów nawodnych, podwodnych i śmigłowców w zakresie gabarytów, elementów manewrowych, środków obserwacji technicznej (sonary, radar, monitor taktyczny) oraz uzbrojenia i sprzętu broni podwodnej (torpedy, bomby głębinowe, miny morskie, trały, pławy, i.t.p.). Zapewniono również możliwość modyfikacji parametrów uzbrojenia, elektroniczną komunikację wewnętrzną w relacji stanowiska symulacyjne – stanowisko dowodzenia (kierownika ćwiczenia) oraz archiwizację i odtwarzanie przeprowadzonego i zapisanego ćwiczenia.

¹) J.Kuliś, S.J.Kurpiel.: Rozwój trenerów broni podwodnej. Gdynia, PM nr1 2003.

2. Stan bieżący

W latach 2000 – 2002 w ramach pracy badawczej finansowanej przez KBN² dokonano modernizacji symulatora w zakresie:

- technicznym (wymiana ważniejszych podzespołów -monitory, karty graficzne, sterowniki, centralny komputer, wdrożenie równoległe systemu operacyjnego Linux);
- oprogramowania specjalistycznego³, w tym programu umożliwiającego współdziałanie systemów QNX i Linux w okresie przejściowym:
 - zweryfikowano założenia do modeli symulacyjnych i ujednoczono procedury bojowe w kontekście adaptacji symulatora do standardów NATO;
 - opracowano komputerowe symulatory zapalnika niekontaktowego miny (rys.1), sterownika trałowego (rys.2), trałów niekontaktowych (rys.3) w wersjach rozszerzonych;
 - opracowano nowe wersje symulatora monitora taktycznego (rys.4) i symulatora uogólnionej stacji hydrolokacyjnej (rys.5).

Baza danych symulatora broni podwodnej zawiera, na dzień dzisiejszy, informacje opisujące cechy szczególne obiektów typowych. Obiektami w tym rozumieniu są:

- okręty nawodne (stawiacz min, niszczyciel rakietowy, trałowiec bazowy, kuter trałowy, dozorowiec ZOP, duży ścigacz ZOP, kuter ZOP, transportowiec),
- okręt podwodny w położeniu nawodnym i w zanurzeniu,
- śmigłowiec,
- miny morskie kotwiczne i denne,
- torpedy prostoidące, samonaprowadzalne i telesterowanie,
- bomby głębinowe klasyczne i rakietowe,
- inne (pławy radiohydroakustyczne, przeszkody nawigacyjne, znaki nawigacyjne, trały).

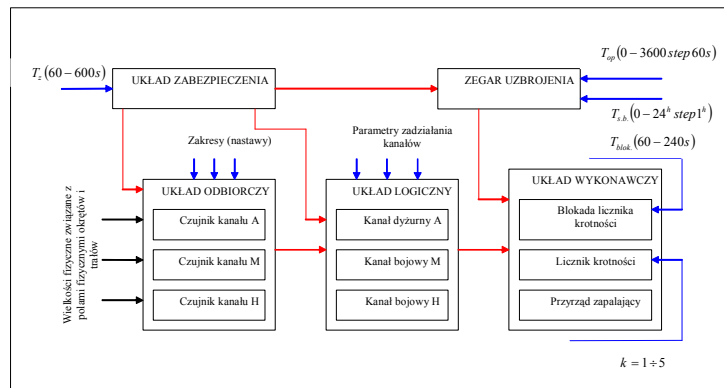
Do cech szczególnych zaliczono:

- W odniesieniu do okrętów i śmigłowca:
 - gabaryty (długość, szerokość, zanurzenie, wyporność);
 - elementy manewrowe (średnica cyrkulacji, inercja);
 - zanurzenie okrętu podwodnego i wysokość lotu śmigłowca;
 - środki obserwacji technicznej (sonar- MG 329, MG 322, MG 400, MG 11, MG79, USHL, radar, monitor taktyczny);
 - uzbrojenie podwodne (torpedy, miny, trały);
- W odniesieniu do uzbrojenia:
 - miny-rodzaj (kotwiczna, denna), typ (kontaktowa, niekontaktowa), zakres głębokości zanurzenia (postawienia), promień rażenia, parametry zapalnika niekontaktowego;

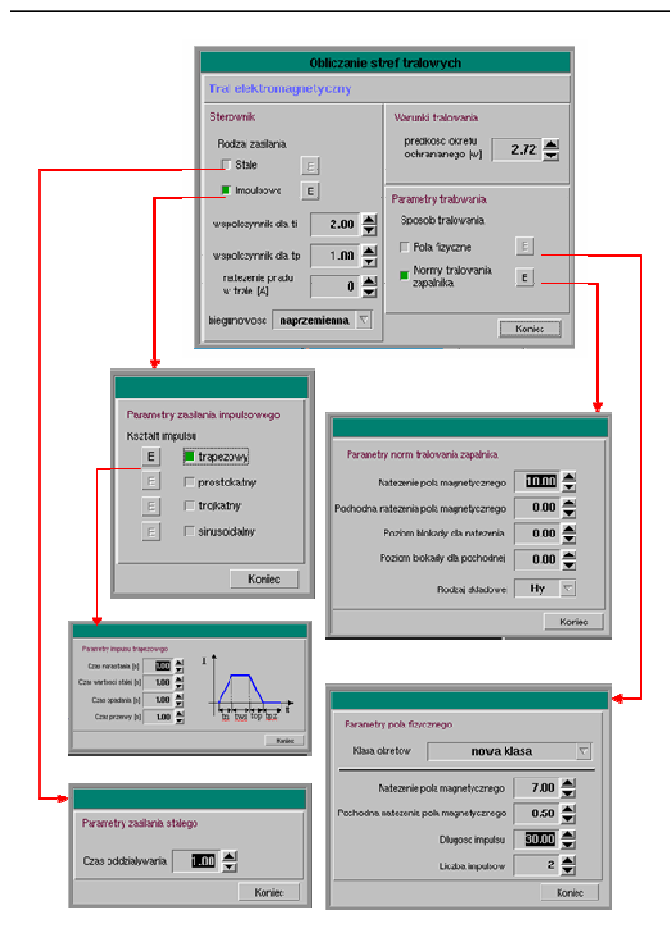
²) Projekt badawczy KBN nr OT00A 07518 „Optymalizacja symulatora broni podwodnej”.

³) Więcej informacji na ten temat można znaleźć w opracowaniach : A.Komorowski, J.Kuliś, S.Kurpiel.: Optymalizacja symulatora broni podwodnej., Modelowanie systemów walki w symulatorze broni podwodnej., R. Mantiuk.: Kody źródłowe. AMW Gdynia 2002.

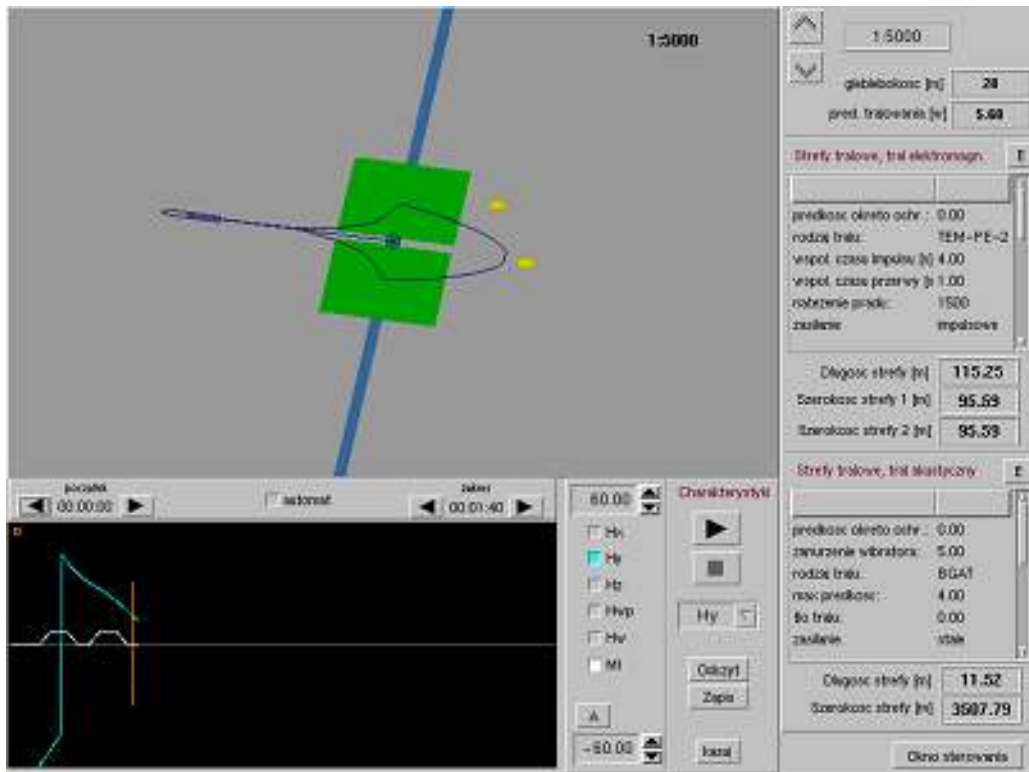
- torpedy – typ, rodzaj manewrowania (prostoidąca, samonaprowadzająca się, w tym i na ślad torowy, telesterowania), zakres głębokości roboczej, zasięg;
- bomby – rodzaj (klasyczna, raketowa), zakres głębokości wybuch, balistyka (zasięg strzelania);
- trały – rodzaj (akustyczny, elektromagnetyczny), gabaryty (wymiary) części roboczej trałów elektromagnetycznych, zanurzenie części roboczej trału, rodzaj zasilania, itp..



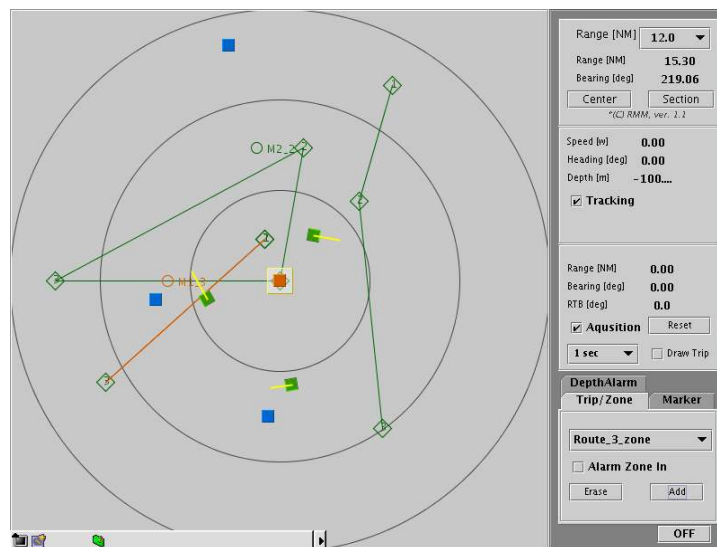
Rys.1 Schemat działania zapalnika niekontaktowego miny



Rys.2 Projekt odwzorowania i schemat działania sterownika trałowego

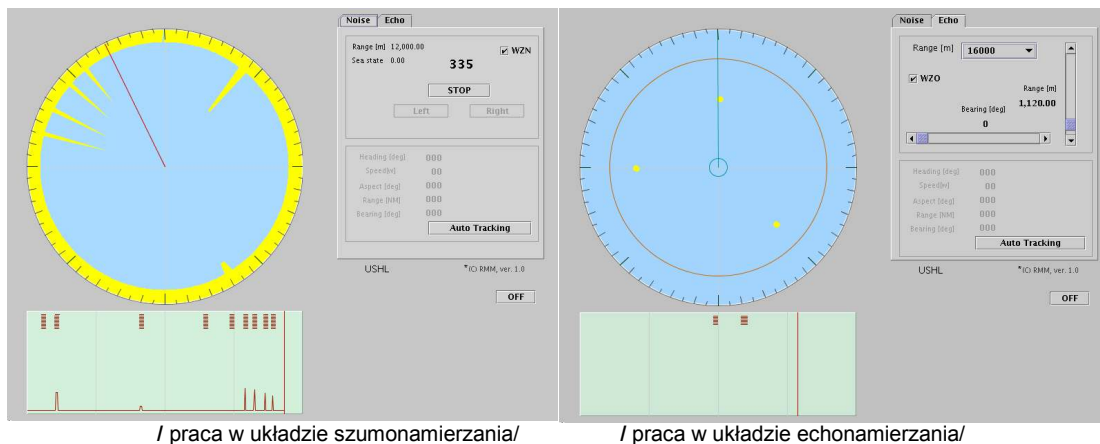


Rys.3. Projekt zobrazowania procesu trałowania akustyczno – magnetycznego



Rys. 4. Projekt organizacji zobrazowania ekranu Monitora Taktycznego

- obiekt własny (okręt) przed zaznaczeniem,
- obiekt własny (okręt) po zaznaczeniu,
- obiekt nawodny (okręt, pława, znak nawigacyjny)
- obiekt podwodny (okręt podwodny, mina, torpeda, i.t.p.),
- M3 oznakowanie i numeracja markerów,
- oznakowanie i numeracja wierzchołków wydzielonej strefy,
- granice wydzielonej strefy,
- wektor ruchu obiektów.



Rys. 5. Przykład organizacji zobrazowania ekranu USHL

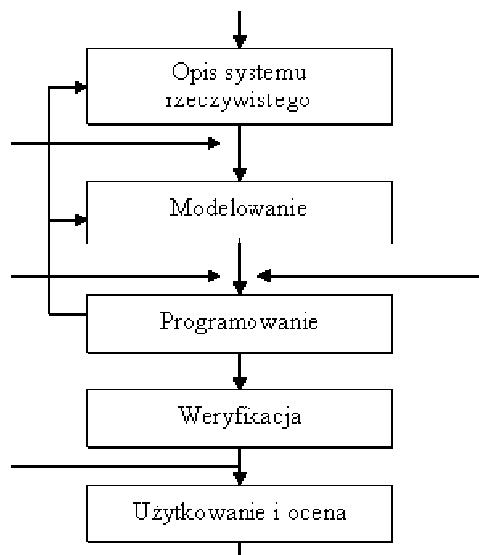
Istnieje możliwość dowolnego, ograniczonego jedynie zakresami znajdujących się w bazie danych wielkości, konfigurowania obiektu obejmująca jego:

- wymiary,
- właściwości manewrowe,
- rodzaje i typy uzbrojenia podwodnego, które jako obiekty mogą być również poddane modyfikacjom nadającym im nowe właściwości taktyczno – techniczne,
- środki obserwacji technicznej (wyłącznie w zakresie środków technicznych wymienionych wyżej).

Umożliwia to, w ograniczonym oczywiście zakresie, prowadzenie ćwiczeń z użyciem obiektów zbliżonych charakterystykami do charakterystyk wprowadzanych do linii obiektów rzeczywistych (okrętów i uzbrojenia podwodnego).

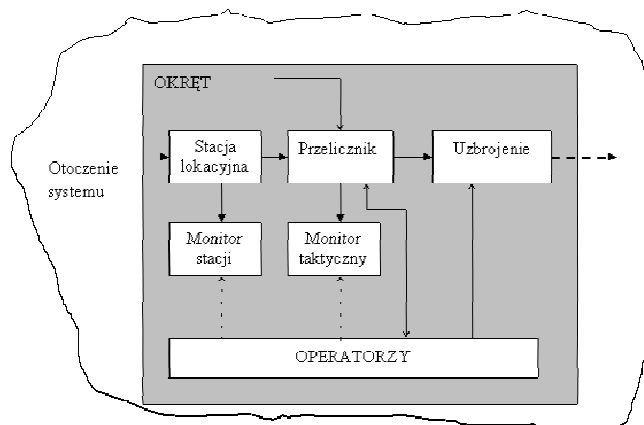
3. Symulacja systemów broni morskich

Budowa modelu symulacyjnego jest procesem złożonym, wieloetapowym (rys.6) i wymaga przetworzenia szczegółowej wiedzy o systemach rzeczywistych na specyficzne potrzeby symulacji komputerowej.



Rys.6. Etapy modelowania elementów symulacyjnych systemu

Jednoznaczna identyfikacja i opis systemu walki stwarza określone trudności. Wynikają one głównie z niejednoznaczności w ustaleniu granic i zakresu pojedynczego systemu. Przestrzeganie zasad ścisłości określenia systemu i jego rozłączności może utrudnić dalsze prace projektowe. Doświadczenie autorów podpowiada, że im szersze ujęcie systemu, tym lepiej. Pozwala ono na opis otoczenia systemu i wyłonienie części wspólnych poszczególnych podsystemów uzbrojenia. Takie podejście przedstawiono na rys.7 gdzie system rozpatrywany jest jako okrętowy system walki. W takim systemie oprócz istniejących rozwiązań technicznych równorzędną rolę odgrywają również takie jego elementy, jak obsługa (operatorzy) oraz zbiór reguł i taktyk, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania systemu.



Rys. 7. Okrętowy system walki

Na tak rozumiane otoczenie składa się wiele innych systemów, które funkcjonując razem, umożliwiają zaistnienie zjawisk i zdarzeń zachodzących w czasie rzeczywistym. Zaliczyć tu można, między innymi:

- inne obiekty (ich współrzędne położenia, wektory ruchu);
- wybrane pola fizyczne innych obiektów.

Do opisu systemu rzeczywistego należy dołączyć procedury jego obsługi (na przykład, włączenie stacji, rozpoczęcie obserwacji, i.t.p.) oraz listę wszystkich

możliwych zdarzeń mogących mieć miejsce podczas pracy systemu (zdarzenie wykrycia celu, zmiany parametrów wektora ruchu, użycie uzbrojenia, awarie, itp.)

Proces ataku, w najogólniejszym ujęciu, składa się z trzech następujących po sobie zdarzeń: wykrycia, identyfikacji i niszczenia. Oznacza to, że w opisie systemu należy uwzględnić wszystkie elementy systemu rzeczywistego umożliwiające zaistnienie wymienionych zdarzeń. Schemat przedstawiony na rys.7 powinien być modyfikowany w zależności od potrzeb i od konkretnego rozwiązania systemu rzeczywistego. Dotyczy to zarówno środków technicznych obserwacji nawodnej i podwodnej jak i środków rażenia. Rozbudowany symulator nie musi ograniczać się do jednego systemu walki, może mieć ich kilka. Każdy z nich powinien być uwzględniony w opisie.

W modelowaniu wyróżnia się: modelowanie matematyczne (w tym algorytmizację), określenie stopnia zbliżenia modelu do rzeczywistości, ustalenie zobrazowania i odwzorowania informacji oraz sposób obsługi (dostępu) systemu. Model systemu jest jego reprezentacją. Często, może być reprezentowany przez kilka modeli, które różniąc się między sobą, mogą przedstawiać system w zasadniczo różny sposób. Przykładowo, jeden model może być fizycznym duplikatem systemu, inny może być modelem matematycznym, a jeszcze inny – jak to ma miejsce w symulacji komputerowej, może być reprezentacją ściśle symboliczną. O każdym modelu systemu rzeczywistego możemy powiedzieć, że nigdy nie przedstawia on wszystkich aspektów systemu, co oznacza, że istnieją charakterystyki systemu rzeczywistego, które są celowo pomijane, skracane, zmieniane lub podawane w przybliżeniu.

Modelem jest więc obraz określonego obiektu rzeczywistego, odzwierciedlający cele (potrzeby, wymagania) modelowania i wiedzę podmiotu. Model nie przedstawia bezpośredniego działania bądź zachowania się systemu. Umożliwia to jedynie historia stanów modelu.

Modelowanie matematyczne przedstawia wszystkie zależności, jakie są niezbędne do funkcjonowania systemów i obiektów w czasie rzeczywistym. Tworzenie tych zależności wymaga stosowania odpowiednich układów współrzędnych jak również przyjęcia rozsądnego rozwiązania do modelowania wybranych pól fizycznych. Przykładowo odwzorowanie współrzędnych położenia obiektów wymaga stosowania stabilizowanego i niestabilizowanego układu współrzędnych biegunowych, natomiast obliczenia programowe wymagają stosowania współrzędnych prostokątnych. Podczas modelowania pól fizycznych należy przyjąć zasadę - pole jest generowane tylko wtedy, jeżeli istnieje taka potrzeba⁴. W ten sposób ominie się wiele trudnych lub wręcz niemożliwych do rozwiązania problemów.

Przykład

Istnieją dwa okręty, A (atakujący) i C (cel). Położenie okrętu C względem okrętu A określone jest namiarem (N) i odległością (D). Wektor ruchu okrętu C określony jest prędkością (V_c) i kursem (K_c), a okrętu A odpowiednio prędkością

⁴) Na przykład, pole akustyczne jest symulowane podczas pracy stacji hydrolokacyjnych, układów samonaprowadzenia torped, kanałów akustycznych min morskich czy pracy trałów akustycznych.

(V_A) i kursem (K_A). Początkowe współrzędne położenia celu względem okrętu atakującego w układzie współrzędnych prostokątnych wynoszą:

$$D_x = D \sin N, \quad D_y = D \cos N.$$

W tym samym układzie współrzędnych, w przyjętym przedziale czasu dt , okręty C i A przejdą odpowiednio:

$$sC_x = (V_c \sin K_c)dt, \quad sC_y = (V_c \cos K_c)dt,$$

$$sA_x = (V_a \sin K_a)dt, \quad sA_y = (V_a \cos K_a)dt,$$

skąd zmiana odległości między okrętami:

$$dD_x = sC_x - sA_x, \quad dD_y = sC_y - sA_y.$$

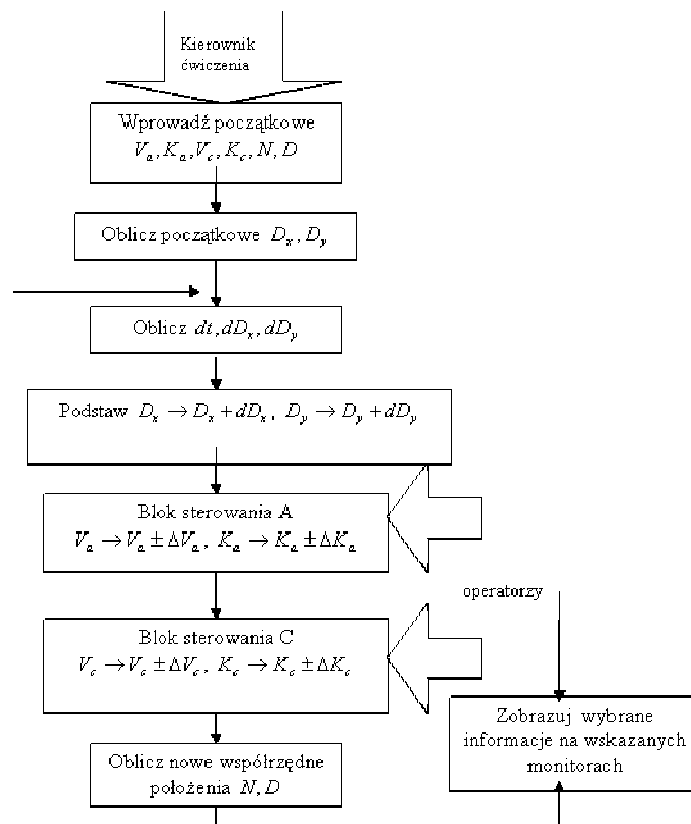
Podstawiając mamy:

$$D_x \rightarrow D_x + dD_x, \quad D_y \rightarrow D_y + dD_y,$$

a przechodząc do współrzędnych biegunowych:

$$D = \arctg\left(\frac{D_x}{D_y}\right), \quad N = \sqrt{D_x^2 + D_y^2}.$$

Opisową sieć działań ilustrują rys.8.



Rys. 8. Opisowa sieć działań modelowania ruchu okrętów

Modelowanie wykrycia celu za pomocą stacji lokacyjnej wymaga rozpatrzenia przynajmniej trzech obiektów. Pierwszym z nich jest cel (C), drugim jednostka obserwująca (A), trzecim stacja lokacyjna (SL).

Dwa pierwsze obiekty przeanalizowano wyżej, natomiast stacja lokacyjna (SL), stanowiąca element wejściowy okrętowego systemu walki przedstawionego na rys.7., umożliwia obserwację podwodną, nawodną lub powietrzną otaczającego środowiska.

Wykrycie celu za pomocą (SL) jest zjawiskiem losowym i wymaga spełnienia następujących warunków:

1. Punkt obrazujący położenie celu musi leżeć na linii prostej prowadzącej do umownego punktu obserwacyjnego jednostki wykrywającej.
2. Odległość między jednostką wykrywającą a celem musi być mniejsza od przyjętego maksymalnego zasięgu stacji.
3. Wybrane zjawiska związane z propagacją fal akustycznych lub elektromagnetycznych mają wpływ na zasięg wykrycia celu i na jakość odbieranego sygnału (zakłócenia, tłumienie, utrata sygnału).

Ogólnie można przyjąć, że zasięg SL można opisać w postaci:

$$Z = \{f(Z_0, \beta, P_{sz}, R_e, \delta, t)\},$$

gdzie:

Z_0 – zasięg oczekiwany dla danego typu stacji,

β - współczynnik tłumienia,

P_{sz} – poziom szumów,

R_e – promień ekwiwalentny celu,

δ - przyjęte odchylenie standardowe zasięgu oczekiwanego,

t - czas symulacji.

Zdarzenie wykrycia nastąpi, jeżeli zostaną spełnione warunki wymienione w punktach (1), (2) i (3), czyli w przypadku, gdy:

$$\text{IF } Z \geq D \text{ AND } \alpha = N \pm \delta_n \text{ THEN wykrycie,}$$

gdzie:

D – bieżąca odległość do celu.

Z – wylosowany (określony) zasięg stacji dla danych warunków,

α – chwilowy kąt położenia anteny stacji lokacyjnej,

N – bieżący namiar na cel,

δ_n – kąt słyszenia dla danych warunków wykrycia.

Modelowanie szumów jest wskazane, jeżeli w rozpatrywanym symulatorze oprócz wizualizacji procesu na monitorze stacji mają być reprezentowane szумы jako nieodłączne zjawisko wykrywania. Jeżeli przewidziano symulację tych szumów to należy zastosować cyfrowy generator szumów w przyjętym paśmie częstotliwości

oparty o zjawiska losowe a poziom tych szumów związać np. z warunkami propagacji⁵.

Modelowanie analizy ruchu celu i określanie danych do ataku opisano łącznie, gdyż określanie danych do ataku odbywa się na podstawie uzyskanych informacji o parametrach ruchu celu (PRC). W okrętowym systemie walki przedstawionym na rys. 7 odbywa się ono w przeliczniku. W zależności od celów symulacji można wyróżnić dwa podstawowe sposoby uzyskiwania informacji o PRC tj. losowania i pełnego przetwarzania informacji w czasie rzeczywistym.

Pierwszy sposób, bardziej ogólny, zakłada istnienie w programie współrzędnych ruchu i położenia jednostek. Generowanie PRC rozpoczyna się po uaktywnieniu przez obsługę danego systemu walki i polega na losowaniu ich wartości z rozkładu normalnego dla ustalonego przedziału odchyłeń standardowych. Przykładowo, jeżeli wiemy, że istniejący system rzeczywisty posiada przelicznik, który w średnich warunkach określa kurs celu z błędem σ_{kc} to wystarczy wygenerować kurs celu:

$$K_c \rightarrow K_c - \sigma_{kc} + 2\rho\sigma_{kc},$$

gdzie ρ jest liczba losowa z rozkładu normalnego. Obliczanie randomizowanych wartości PRC powinno odbywać się w każdym cyklu obliczeniowym, dzięki czemu każda zmiana współrzędnych jest przez system zauważana

Drugi sposób polega na tym, że na podstawie wygenerowanych współrzędnych położenia celu, dokonywana jest pełna analiza ruchu celu w czasie rzeczywistym, która w miarę upływu czasu i gromadzenia informacji poddawana jest obróbce statystycznej.

Na podstawie uzyskanych PRC następuje określenie danych do ataku dla określonego w systemie walki środka rażenia (torpeda, rakietka, rakieta, rakieta bomba głębinowa). Z zasady dane te są funkcją współrzędnych położenia i ruchu celu oraz zasięgu danego środka rażenia. Najogólniej rzecz ujmując:

$$K_{T,R} = f(\varphi, K_A), D_s = f(D, E, K_c, V_c),$$

gdzie:

$K_{T,R}$ – kurs torpedy lub rakiety w momencie startu,

φ - kąt wyprzedzenia,

E – zasięg energetyczny danego środka rażenia.

Dane te określane są szczegółowymi zależnościami matematycznymi dla każdego ze środków rażenia.

Oddzielny problem stanowi opis trajektorii danego środka rażenia. W symulatorach walki należy przyjąć rozsądny kompromis i trajektorie upraszczać do aproksymowanych odcinków uwzględniając głównie zanurzenie, wysokość lotu i kursy biegu (lotu). W przypadku obiektów samonaprowadzalnych należy opisać sposób naprowadzenia, podać istotę zjawiska i ustalić zasięgi wykrywania i naprowadzania.

⁵) Więcej informacji na temat stacji lokacyjnych można znaleźć w opracowaniu: Modelowanie systemów walki (wyd. cyt.)

Ustalenie stopnia zbliżenia modelu do rzeczywistości zależy od przyjętego rozwiązania technicznego symulatora, jego możliwości obliczeniowych i co najważniejsze od założonych celów szkolenia. W symulatorach typu decyzyjnego największy nacisk należy położyć na maksymalne zbliżenie do warunków rzeczywistych zobrazowania i odwzorowania informacji.

Komunikacja (dialog) z komputerowym modelem systemu stanowi o jego użyteczności. Dialog z systemem wymaga zrozumiałego i jednoznacznego wejścia oraz wyjścia. Trudność stworzenia dobrego interfejsu symulatora wynika z różnych oczekiwań od niego przez użytkownika i projektanta. Zbliżenie tych oczekiwań wymaga nowej interpretacji zjawisk i dużej dozy wyobraźni. Dotyczy to szczególnie przetwarzania informacji danych zależnościami matematycznymi w postać graficzną, zmieniającą się w czasie i przestrzeni.

Symulator powinien być przewidziany dla operatorów o dużej swobodzie działania. Węzłowe decyzje mimo możliwych sugestii systemu powinny należeć zawsze do operatorów.

W porównaniu do wcześniejszych generacji istniejących systemów rzeczywistych niezaprzeczalną zaletą systemów komputerowych jest technika menu. Obsługa tamtych systemów wymagała poznania i zapamiętania kolejnych czynności wynikających z konieczności obsługi wielu pokręteł i przełączników albo wręcz korzystania na bieżąco z instrukcji.

Modelując okrętowe systemy walki, należy zabiegać o to, aby nie tworzyć bariery pomiędzy operatorem a programem. W związku z tym, dostęp do opcji systemu powinien być szybki i prosty. To samo dotyczy poleceń, które nie powinny wymagać zapamiętywania. Nazwy powinny się jednoznacznie kojarzyć. W rozwiązaniach symulatora należy przyjmować znane powszechnie w środowisku pełne słowa i skróty, w których ważne bądź hasła odpowiednio wyróżniono.

Wizualizacja informacji jest jednym z ważniejszych problemów i należy jej poświęcić jak najwięcej uwagi. Należy tu stosować głównie właściwy podział środków zobrazowania informacji, w którym zasadniczą centralną część powinien stanowić monitor dowódcy oraz inne niezbędne środki, np. monitory: taktyczne, hydroakustyka, kontroli uzbrojenia, mapa, radar, itp. Monitor taktyczny, w większości rozwiązań, oparty jest o naturalny układ współrzędnych biegunowych. W celu odciążenia operatora od danych liczbowych na monitorze powinna być odwzorowana tylko informacja graficzna. Większość informacji cyfrowych, z natury rzeczy dokładniejszych od zobrazowania graficznego, powinna być przedstawiona w jednoznacznych oknach. Wygodnym rozwiązaniem jest przedstawienie tych informacji na wyraźne żądanie.

W tym miejscu dochodzimy do zdefiniowania symulacji jako procesu konstruowania w chronologicznym porządku opisów stanów modelu. Ostatecznie - komputerowy model symulacyjny jest logiczno – matematycznym przedstawieniem systemu lub działań zaprogramowanym w celu rozwiązania problemu za pomocą techniki cyfrowej. Symulację komputerową określa się jako metodę poznania dynamicznych właściwości obiektu rzeczywistego dzięki eksperymentowaniu z modelem za pomocą systemu komputerowego. W powyższych stwierdzeniach mieszczą się również możliwości wykorzystania modeli symulacyjnych do celów szkoleniowych i treningowych.

Szczególnie wiele dylematów związanych z symulacją występuje w przypadku systemów walki (działania). Wynika to z ich charakteru rozumianego jako oddziaływanie, które zmierza do określonego celu z zachowaniem przez system, a ściślej przez jego obsługę, poczucia, że ma swobodę wyboru celu i sposobu jego osiągnięcia.

Symulacja w odniesieniu do systemów walki obejmuje modelowanie trzech wzajemnie przeplatających się i zależnych od siebie segmentów, takich jak narzędzia (środki), zjawiska i zdarzenia. Między modelowaniem systemów technicznych (narzędzi) a modelowaniem zjawisk i zdarzeń zachodzi poważna różnica. Przy modelowaniu okrętów, stacji lokacyjnych, środków rażenia, systemy te wymagają opisu strukturalnego i funkcjonalnego, a przejście do modelu polega na uproszczeniu opisu i dopasowaniu do stosowanej aparatury modelującej. Przy modelowaniu zjawisk fizycznych i zdarzeń modele konstruuje się na podstawie istoty zjawiska oraz wzajemnych relacji między obiektami.

Na podstawie opisu systemu rzeczywistego i modeli matematycznych opracowywane są programy narzędziowe. Programiści powinni zrozumieć i objąć cały obszar działania symulatora, aby utworzyć, w przyjętym języku programowania, program sterujący i wszystkie podprogramy obsługujące cały system. Jest to najzmudniejszy okres tworzenia symulatora, polegający na niekończących się konsultacjach między ekspertami i programistami.

Kończącym etapem tych czynności jest weryfikacja utworzonego modelu symulacyjnego. Jest to proces również zmudny, wymagający przetestowania wszystkich możliwych sytuacji, w jakich może znaleźć się system.

4. Zakończenie

Czy istniejący symulator jest dziełem skończonym? Czy warto wprowadzać nowe istniejące systemy rzeczywiste broni podwodnej, takie jak:

- system niszczenia min⁶ UKWIAŁ, w tym środki obserwacji technicznej okrętowe i pojazdowe, pojazdowe środki niszczenia min TOCZEK, system DSP i elementy manewrowe okrętu FLAMING (206FM);
- techniczne środki obserwacji podwodnej, w tym i anteny rozwijane holowane, torpedy typu MU, system kierowania strzelaniem torpedowym, system ORT (AN/SQL25A) oraz elementy manewrowe okrętu nawodnego PUŁASKI;
- techniczne środki obserwacji podwodnej, uzbrojenie torpedowe, system kierowania strzelaniem torpedowym oraz elementy manewrowe okrętu podwodnego SOKÓŁ;
- zmodernizowane środki obserwacji technicznej okrętu przeciwminowego 207;
- techniczne środki obserwacji podwodnej (OKA) śmigłowca MIG 14 PŁ, torpedy i system kierowania strzelaniem torpedowym;
- pojazdy jednorazowego użycia do niszczenia min i sposób ich wykorzystania z okrętów nawodnych i śmigłowców;
- wydłużone ładunki wydłużone i system ich użycia z okrętów B-410 i OTrM;

⁶) zob.: J.Kuliś.: Symulator okrętowego systemu niszczenia min. ZN AMW nr 2, Gdynia 1999.

- System trałów o regulowanym rozkładzie pola WTAM,

czy też hipotetyczne (przyszłościowe) systemy opisujące:

- system obrony przeciwtorpedowej;
- system bomb głębinowych⁷, i.t.p..

Kolejnym, prawdopodobnie najtrudniejszym wyzwaniem, byłaby próba rozszerzenia możliwości symulatora na treningi w obsłudze okrętowych systemów raketowych i artyleryjskich. To ostatnie nie znajduje niestety, jak do tej pory, niezbędnego zrozumienia i wsparcia wśród specjalistów z tej dziedziny w Akademii Marynarki Wojennej.

Przygotowanie oficera morskiego do służby na morzu jest procesem czasochłonnym i kosztownym, zwłaszcza ta jego część, która bezpośrednio związana jest z odbywaniem szkolenia praktycznego w warunkach rzeczywistych. Spełnienie wymagań określonych normami czasowymi i dokładnością wykonania, wymaga ciągłego doskonalenia właściwych umiejętności w trakcie prowadzonych ćwiczeń i treningów. Wykorzystywanie w tym celu rzeczywistych systemów okrętowych, z uwagi na wysokie koszty, powinno stanowić jego końcową fazę. Szkolenie początkowe i średnio zaawansowane należałoby prowadzić na symulatorach (trenażerach). W tym kontekście rola symulatorów jest ogromna, a zyski szkoleniowe i finansowe nie do oszacowania.

Bibliografia

1. J.Kuliś.: *Model przetwarzania i zobrazowania informacji ze wspomaganie decyzyjnym dla okrętowego systemu klasycznych bomb głębinowych*. Military Arms, Tom I, Gdynia 1995.
2. J. Kuliś.: *Modelowanie wirtualnego przeciwnika w symulatorach walki na przykładzie zwalczania okrętu podwodnego przez okręt nawodny*. ZN AMW nr1, Gdynia 2000.
3. J. Kuliś, S.J. Kurpiel.: *SBP - przykład symulatora decyzyjnego*. Kongres „Zastosowanie technik wirtualnych i symulacyjnych w obronności, bezpieczeństwie,....”, Łódź, 2001 (materiały, ISBN 83-85815-75-9, s. 59 -67).
4. J. Kuliś, S.J. Kurpiel.: *Moduł trałowania niekontaktowego w symulatorze broni podwodnej*. AMW ZN nr 1 (149), Gdynia 2002.
5. A. Komorowski, J. Kuliś, S.J.Kurpiel.: *Optymalizacja symulatora broni Podwodnej* Projekt Badawczy KBN, AMW, Gdynia 2002.
6. A. Komorowski, J. Kuliś, S.J.Kurpiel.: *Modelowanie systemów walki*. Projekt Badawczy KBN, AMW, Gdynia 2002
7. Jerzy Kuliś, Stanisław J. Kurpiel.: *Projektowanie symulatorów walki* . Materiały V Sympozjum Broni Morskich. Uzbrojenie w działaniach na morzu. AMW ZN nr 4 (155) , Gdynia 2003.
8. Jerzy Kuliś, Stanisław J. Kurpiel.: *Rozwój trenażerów broni podwodnej*. PM nr.1, Gdynia 2003.

⁷⁾ zob.: J.Kuliś.: Model przetwarzania i zobrazowania informacji ze wspomaganie decyzyjnym dla okrętowego systemu klasycznych bomb głębinowych, Military Arms, Tom I, Gdynia 1995,
J. Kuliś.: Modelowanie wirtualnego przeciwnika w symulatorach walki na przykładzie zwalczania okrętu podwodnego przez okręt nawodny. ZN AMW nr1, Gdynia 2000.

