

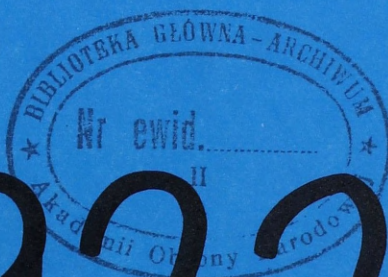
AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ

Płk nawig. dr hab. inż. Piotr MAKOWSKI

OCENA DEFENSYWNYCH WARIANTÓW DZIAŁAŃ BOJOWYCH NA TAKTYCZNYCH SZCZEBŁACH DOWODZENIA SIŁ POWIETRZNYCH

(III.3.1.1.0)



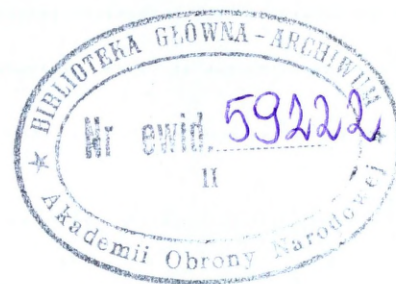
59222

WARSZAWA

2005



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ
WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ



płk nawig. dr hab. Piotr MAKOWSKI

**OCENA DEFENSYWNYCH WARIANTÓW DZIAŁAŃ
BOJOWYCH NA TAKTYCZNYCH SZCZEBLACH
DOWODZENIA SIŁ POWIETRZNYCH**

Etap III – Metodyka oceny

III.3.1.1.0

RECENZENT:

Płk dr hab. Ryszard SZPYRA

Spis treści

	str.
WSTĘP	3
1 WNIOSKI Z POPRZEDNICH ETAPÓW BADAŃ	6
1.1 Implikacje uwarunkowań planowania OP	6
1.2 Kryteria oceny	10
1.3 Przydatność metod analizy wielokryterialnej i oceny efektywności bojowej	16
2 ZASADNICZE FUNKCJE I MOŻLIWOŚCI SYMULATORA OPERACYJNO-TAKTYCZNYCH DZIAŁAŃ POWIETRZNYCH	21
2.1 Podstawowe moduły symulatora	21
2.2 Obiekty elementarne	23
2.3 Odzwierciedlanie decyzji stron	29
2.4 Odzwierciedlanie stanów i zdarzeń	31
3 METODYKA OCENY WARIANTÓW	37
3.1 Algorytm oceny wariantów w dogodnych uwarunkowaniach czasowych	37
3.2 Algorytm oceny wariantów w dynamice prowadzenia działań bojowych	52
ZAKOŃCZENIE	63
BIBLIOGRAFIA	65
ZAŁĄCZNIK 1	68

WSTĘP

Niniejsze opracowanie jest syntezą badań nad problematyką oceny wariantów działań defensywnych sił powietrznych –SP (DCA), planowanych na taktycznych szczeblach dowodzenia (CAOC, COP). Ich celem było stworzenie podstaw teoretycznych metody oceny wariantów DCA. Opracowanie takiej metody jest pożądane, głównie z uwagi na potrzeby wspomaganie planowania działań taktycznych SP RP, realizowanego w Centrum Operacji Powietrznych (COP).

W opracowaniach poprzednich, składających się z dwóch etapów, przedstawiono wyniki o charakterze diagnostycznym oraz zaproponowano zbiór względnie stałych kryteriów oceny. Etap I, poświęcono: sformułowaniu zasadniczych założeń badawczych, dotyczących całego tematu badawczego; uwarunkowań oceny wariantów, wynikających ze stosowania określonych procedur planowania; a także dokonano oceny teorii i pragmatyki stosowanych metod oceny wariantów użycia SP w DCA. Krytyczna ocena wykorzystywanych podczas ćwiczeń dowódczo-sztabowych w AON i SP RP - a także realizowanych w innych państwach NATO¹ - metod oceny, a zwłaszcza kryteriów oceny wariantów DCA, dokonana w tym etapie badań pozwoliła potwierdzić hipotezy o intuicyjnym sposobie ich pomiaru i wypadkach wzajemnego się przenikania (swoistej redundancji). Stwierdzono, że nie sprzyja to pożądanej obiektywizacji² formułowanych ocen, a także nie porządkuje myślenia o wartości wariantów.

Jednym z poważniejszych problemów oceny aktualnego stanu planowania działań defensywnych, nierozwiązanym do tej pory, okazał się brak metodyki wyboru kryteriów oceny wariantów, która pomagałaby, dla każdego kryterium (z względnie stałego zbioru) identyfikować cechy wariantu, pozwalające wnioskować o jego wartości w świetle tego kryterium. Problem ten był przedmiotem badań etapu II, którego celem było właśnie opracowanie i uzasadnienie takiego zbioru kryteriów. Korzystając z dorobku teorii oceny

¹ Obserwacji poddano między innymi ćwiczenia dowódczo-sztabowe i grupowe prowadzone w AON (MAJ 2001, 2002; CZERWIEC 2000, 2001, 2002; POWIETRZNA TARCZA 2003, 2004), a także ćwiczenia dowódczo-sztabowe prowadzone Akademii Dowodzenia Bundeswery w Hamburgu, dotyczące szczebla dowodzenia CAOC takie jak: „ALLIED EFFORT 2000”, AIREX / WESTEX 2001, 2002 i 2003.

² Obiektywizacja oceny jest tu rozumiana jako ogólny postulat teorii oceny, polegający na zapewnieniu powtarzalności formułowanych ocen przez podmiot oceny w podobnych warunkach.

systemów działania oraz biorąc pod uwagę, że realizacja zadań SP w ramach DCA ma wszystkie cechy systemu walki – realizującego konkretne zdania przydzielonymi siłami i środkami – a taktyczny szczebel dowodzenia, jest w istocie podsystemem sterującym funkcjonowaniem tego systemu, wykazano, że podstawowymi kryteriami oceny wariantów działań bojowych (systemu) powinny być przede wszystkim pewne³ wyróżniki kryterialne **efektywności bojowej i ryzyka**.

Zamierzona metodyka oceny defensywnych wariantów działań SP, będąca celem ostatniego etapu badań jest swego rodzaju propozycją autorską, praktycznego wykorzystania podstaw teoretycznych tejże oceny, które zostały stworzone w poprzednich etapach badań. Jest zatem efektem syntezy dotychczasowych wyników badań, a także wyników poszukiwań metod pomiaru wartości wyróżników kryterialnych efektywności i ryzyka.

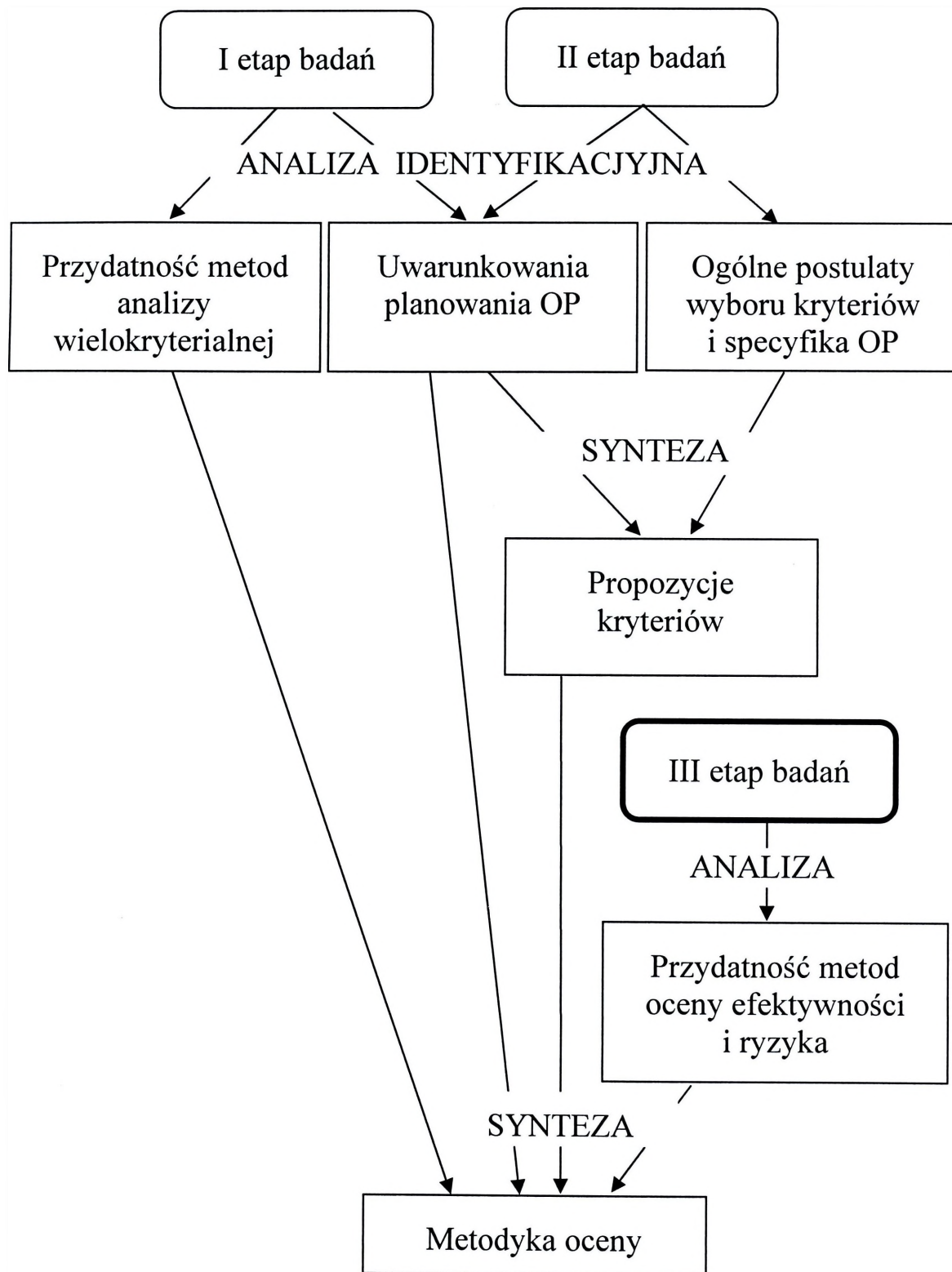
Pierwszy rozdział poświęcono prezentacji zasadniczych wniosków z poprzednich etapów badań wraz z najważniejszymi argumentami ich uzasadnienia istotnych dla opracowania metodyki oceny. Tezy zawarte w treściach tego rozdziału są jednocześnie założeniami owej metodyki.

W drugim rozdziale przedstawiono możliwości symulatora operacyjno-taktycznych działań powietrznych (GAMBLER) jako istotnego narzędzia w pomiarze efektywności i ryzyka jakie cechują oceniany wariant defensywnych działań SP.

W ostatnim rozdziale dokonano syntezy wyników badań I i II etapu w zakresie identyfikacji założeń metodyki oceny. Rozważono dwie skrajne sytuacje, jeśli chodzi o ograniczenia czasowe, jakie mogą powstać podczas planowania defensywnych wariantów użycia SP i dla tych przypadków zaproponowano tok postępowania w celu dokonania oceny wariantu.

Schemat postępowania badawczego w ilustruje rys. 1.0.

³ Nie wszystkie z nich mogły być uznane za przydatne, gdyż zachodzi potrzeba uwzględnienia specyfiki działań systemu walki, a w tym dowodzenia na taktycznych stanowiskach dowodzenia.



Rys.1.0. Ogólny schemat przebiegu badań

1 WNIOSKI Z POPRZEDNICH ETAPÓW BADAŃ

1.1 Implikacje uwarunkowań planowania OP

Najpoważniejsze implikacje wnoszone przez proces planowania defensywnych wariantów działań SP do opracowywanych metod ich oceny dotyczą dwóch aspektów: czasu i informacji.

Aspekt czasu

Z uwagi na ograniczenia czasowe planowania OP w COP (CAOC) oraz ze względu na specyfikę działań defensywnych należy wyróżniać dwie odmienne sytuacje:

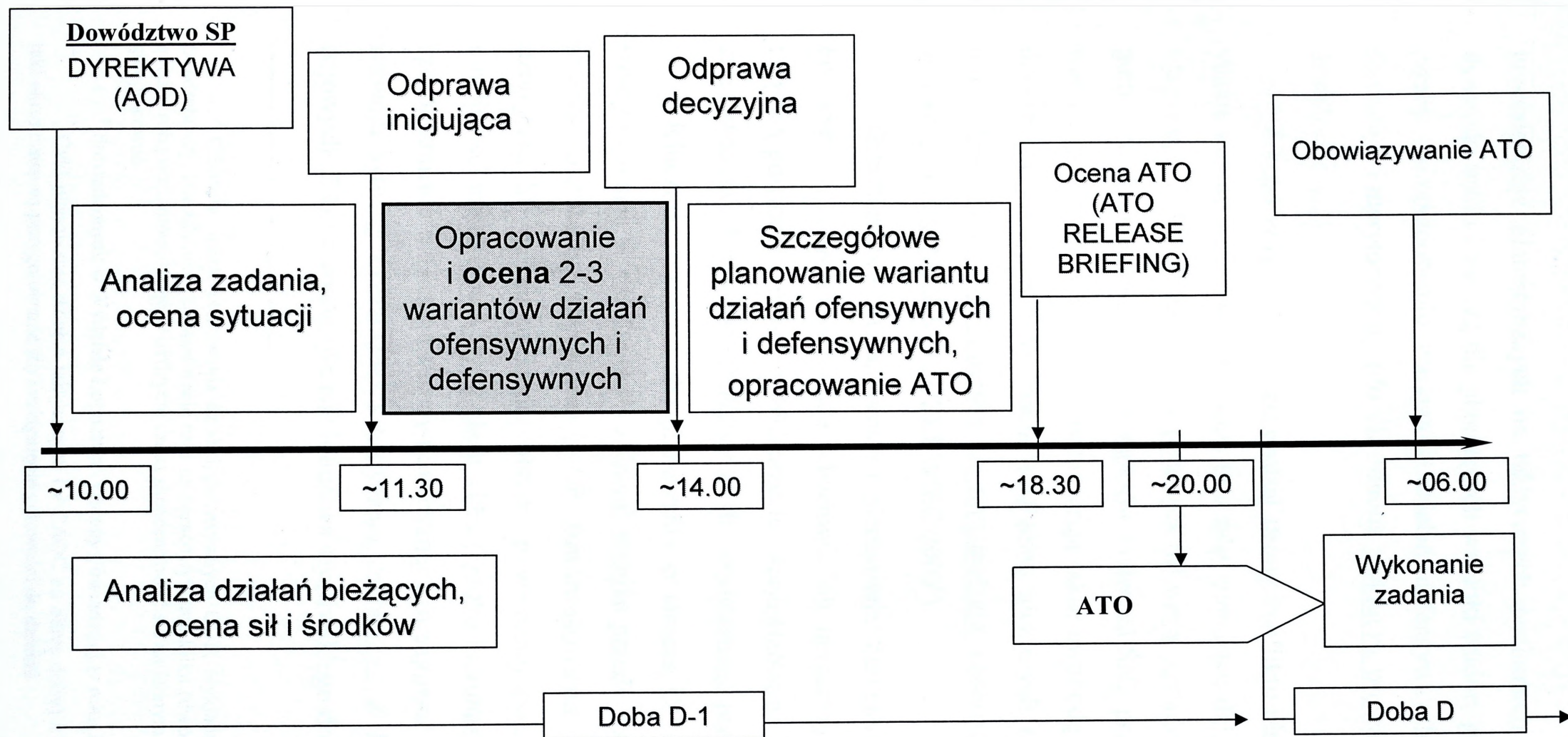
1. w deficycie czasu, jaki towarzyszy wojnie;
2. w warunkach mniej ostrych wymagań czasowych, jakie towarzyszyć mogą narastaniu kryzysu – okres planowania perspektywicznego.

Tworzą one zgoła odmienne warunki dla planowania OP, a tym samym dla zamierzonej metodyki oceny wariantów. Przy czym można przyjąć za prawdziwą tezę iż w warunkach działań militarnych, prowadzonych przez określony czas bez dopływu sił wzmocnienia ze strony Sojuszu, dla efektywnej realizacji zadań OP przez SP RP właściwe zorganizowanie tej obrony jeszcze w okresie pokoju (narastania kryzysu) będzie mieć znaczenie kluczowe, a popełnione w tym etapie błędy byłyby niezwykle trudne do naprawienia. Z tezy tej wynika, że opracowanie efektywnej metodyki oceny defensywnych wariantów działań SP jest istotniejsze dla sytuacji drugiej. Nie ulega wątpliwości, że w omawianym okresie istnieje najwięcej możliwości wariantowania (pole decyzyjne jest największe), a zarazem jest to okres, w którym z reguły szczeble operacyjny i taktyczny mają zdecydowanie więcej czasu na wariantowanie i prowadzenie wszechstronnych ocen niż w czasie trwania aktywnych działań wojennych⁴.

Poniżej przedstawiono najważniejsze argumenty uzasadnienia.

Dla sytuacji pierwszej, przebieg procesu planowania w COP (CAOC) w aspekcie czasu zilustrowano na rys.1.1. Przyjęte w tym modelu ramy czasowe poszczególnych

⁴ W przypadku wybuchu konfliktu o dużej skali, okres eskalacji sytuacji kryzysowej oceniany jest na około dwa lata (założenia „Strategii wojskowej RP”).



Rys.1.1. Przebieg procesu decyzyjnego według procedur NATO na szczeblach taktycznych.

Opracowanie własne na podstawie [36], [37].

przedsięwzięć planistycznych na taktycznych poziomach dowodzenia SP dotyczą dynamiki walki i tworzą dla planujących warunki trudne, gdyż czas jakim dysponują sztaby na opracowanie wariantów działań defensywnych i dokonanie ich oceny formalnej i merytorycznej (do 2h 30min) wyklucza prowadzenie skomplikowanych analiz.

Z kolei w tym okresie zazwyczaj strony konfliktu nie dysponują dodatkowymi siłami wzmocnienia OP. Wówczas to sztaby planujące działania defensywne SP jak i pozostające do ich dyspozycji potencjał SP mają ograniczony czas na osiągnięcie gotowości do odparcia kolejnych nalotów i uderzeń ŚNP przeciwnika. Ponadto efekty walki o przewagę w powietrzu ograniczają także swobodę wariantowania kolejnych działań. W tej sytuacji w świetle poglądów niektórych ekspertów⁵ wariantowanie może nawet nie mieć miejsca co potwierdzają obserwacje ćwiczeń dowódczo-sztabowych (np., MAJ 2000, CZERWIEC 2000⁶).

Przedstawiony model procesu planowania funkcjonuje w dynamice działań bojowych, a zarówno uderzenie odwetowe lub uprzedzające sił powietrznych jak i obrona powietrzna powinny być przecież zorganizowane jeszcze przed pierwszym, zmasowanym uderzeniem środków napadu powietrznego przeciwnika.

Kluczowe znaczenie dla planowania zwłaszcza OP sytuacji przed wybuchem wojny (sytuacja wymieniona jako druga) wynika przede wszystkim ze stacjonarnego jeszcze charakteru współczesnej OP (uwarunkowania historyczne). Będąc w uzbrojeniu SP naziemne środki obrony powietrznej posiadają jeszcze zbyt małe możliwości manewrowe, by w ciągu kilku (rzadko kilkunastu) godzin⁷, w zasadniczy sposób zmienić koncepcje obrony powietrznej i zareagować na potrzeby wynikające z rozwoju sytuacji operacyjnej i taktycznej, zwłaszcza w kolejnych dniach działań bojowych. Z kolei wykorzystanie lotnictwa myśliwskiego do wzmacniania powstałych

⁵ Oficerów sekcji planowania działań defensywnych COP, wykładowców z Akademii Dowodzenia Bundeshwery. Ich zdaniem, zamiast tracić czas na opracowywanie kilku (dwóch) w istocie mało różniących się między sobą wariantów, lepiej w deficycie czasu skoncentrować się na jednym wariantcie i bardziej szczegółowo go opracować.

⁶ Prowadzonych w Wydziale Lotnictwa i Obrony Powietrznej w roku 2000.

⁷ Cykl planowania działań taktycznych (w CAOC na okres doby) z reguły pozostawia wykonawcom taki okres czasu na przygotowanie się i osiągnięcie gotowości do działań.

w wyniku walki słabości obrony powietrznej ma charakter wymuszony wobec braku innej alternatywy. Ogranicza to pole decyzyjne i jest moim zdaniem zasadniczym źródłem potencjalnych trudności wariantowania działań defensywnych⁸.

Aspekt informacji

Z poddanych analizie w pierwszym etapie badań wszystkie metody oceny wskaźników (wyróżników kryterialnych) efektywności bojowej SP wymagają dysponowania danymi wejściowymi do obliczeń lub zrealizowania pseudo eksperymentu symulacyjnego, których oszacowanie następuje podczas przekształcania zatwierdzonego wariantu działań w plan działań (MAOP), a następnie w rozkaz bojowy (ATO). Wynika stąd, że podczas oceny efektywności bojowej i ryzyka danego wariantu oceniający muszą dokonać jego oceny nie tylko w warunkach deficytu czasu, ale także i w warunkach deficytu informacji. Ten stan dotyczy sytuacji planowania w dynamice działań bojowych.

W sytuacji mniej ostrych wymagań czasowych wiarygodnych informacji niezbędnych do planowania jest oczywiście mniej. Te braki są niwelowane poprzez możliwość rozważenia znacznie większej liczby wariantów opracowanych na wystarczającym poziomie szczegółowości do prowadzenia kalkulacji i symulacji (w celu oceny ich efektywności).

Pozornie, poziom szczegółowości wariantów, a raczej duży stopień ich ogólności⁹, utrudnia możliwość wykorzystania podczas oceny wariantów oprogramowania symulacyjnego, które wymaga zazwyczaj wprowadzenia wielu szczegółowych informacji wejściowych. Ich zakres i stopień szczegółowości powinien umożliwić przeprowadzenie symulacji, a więc powinien odpowiadać planowanym sposobom realizacji zadań przez wszystkich wykonawców. Jednakże trzeba zauważyć,

⁸ W ostatnich latach w NATO dostrzega się ten problem, zwłaszcza że powstały potrzeby zapewnienia obrony powietrznej także podczas działań poza obszarami państw NATO, np. w operacjach wsparcia pokoju. W koncepcji zintegrowanej skoordynowanej i rozszerzonej obrony powietrznej NATO postuluje się zapewnienie wysokiej mobilności naziemnym aktywnym środkom walki i rozpoznania, a także dowodzenia. W chwili obecnej jednak cecha statyczności obrony powietrznej przesądza o tym, że z punktu widzenia decydenta (w zakresie uwarunkowań pola decyzyjnego) mamy do czynienia z omawianymi dwoma z goła odmiennymi sytuacjami wariantowania działań defensywnych

⁹ Wybrany w konsekwencji CDM wariant jest jeszcze przez kilka godzin uszczegóławiany.

że egzekucja planu to taktyka, a stąd wiele ze wspomnianych szczegółów wykonawczych - istotnych podczas realizacji działań taktycznych - ma charakter rozwiązań standardowych, wielokrotnie ćwiczonych podczas szkolenia, których znajomość jest konieczna planistom do efektywnego planowania (programowania zadań).

W konkluzji można stwierdzić, że istnieje potrzeba opracowania dwóch odrębnych metod oceny dla wyróżnionych dwu odmiennych sytuacji planowania OP:

1. w deficycie czasu, jaki towarzyszy wojnie;
2. w warunkach mniej ostrych wymagań czasowych, jakie towarzyszyć mogą narastaniu kryzysu – okres planowania perspektywicznego.

Przy czym druga z wymienionych sytuacji powinna mieć priorytet w zaspokojeniu potrzeby opracowania metody oceny wariantów.

1.2 Kryteria oceny

Za zbór kryteriów oceny efektywności wariantu defensywnych działań SP proponuje się przyjmować:

- ✓ skuteczność osłony obiektów – mierzona oczekiwaną (przeciętną) liczbą obiektów, które zachowały zdolność bojową ;
- ✓ skuteczność w walce z ŚNP – mierzona oczekiwaną liczbą (potencjałem) zniszczonych ŚNP¹⁰;
- ✓ straty w potencjale bojowym OP – mierzone oczekiwaną liczbą zniszczonych sił i środków wyrażoną w jednostkach potencjału SP (z uwzględnieniem rodzaju, typu).

Dalsza dekompozycja tych wyróżników powinna mieć miejsce w wypadku problemów ich wiarygodnego oszacowania. Jej celem jest znalezienie mniej doskonałych, ale łatwiejszych do oszacowania wskaźników.

¹⁰ Można uwzględnić w ocenie wskaźnik jakości ŚNP jedną z uznanych metod (np. J. Błaszczyka [8][7]) lub M. Wróblewskiego [31].

W wypadku ocen dokonywanych w deficycie czasu, dodatkowym kryterium powinna być elastyczność wariantu¹¹.

Proponowanym zbiorem kryteriów ryzyka będzie zbiór miar rozrzutu kryteriów efektywności – np. ich wariancji lub uchyleń prawdopodobnych.

Relacje między efektywnością a ryzykiem są trudne do narzucenia, ale dotychczasowe rozważania pozwoliły sformułować zasadę: dowódca szczebla taktycznego powinien wybrać wariant najbardziej efektywny spośród najmniej ryzykownych.

Efektywność jako naturalne kryterium oceny systemów działania powinna być także zasadniczym kryterium oceny (obok ryzyka) wariantów działań defensywnych SP. Na taktycznych szczeblach dowodzenia nabiera szczególnego znaczenia aspekt skuteczności, jako podstawowego wyróżnika kryterialnego efektywności. Ekonomiczność działań powinna być zapewniona poprzez spełnienie wymagań w zakresie akceptowalnego poziomu strat i skuteczności w walce. Nie jest konieczne wyrażanie efektywności za pomocą syntetycznego wskaźnika, wymagana jest jednakże kompleksowość oceny.

Ważniejsze argumenty

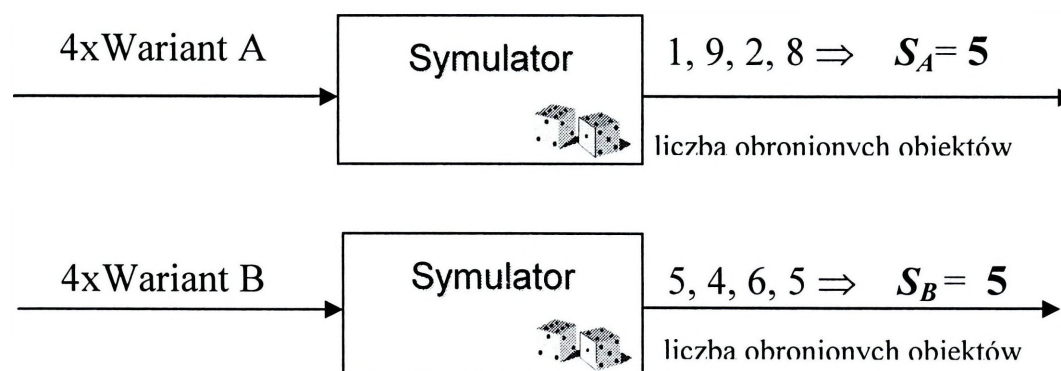
Powodem proponowanej komplementarności kryteriów oceny efektywności i ryzyka traktowanych jako parametry rozkładu zmiennych losowych wynika wprost z istoty oceny wariantów. Należy ona do ocen prospektywnych (o horyzoncie oceny wybiegającym w przyszłość). Stan ocenianej rzeczywistości jest antycypowany i zmienne cechy tego stanu najczęściej traktowane są jako zmienne losowe¹². W prognozowaniu tego co się może wydarzyć - jaka będzie jedyna realizacja zmiennej losowej - zakładając, że będzie to wartość oczekiwana, ponosimy „ryzyko” pomyłki tym większe, im większym rozrzutem charakteryzuje się realizacja zmiennej losowej, tzn. im większa jest wartość wariancji (odchylenia standardowego, uchylenia

¹¹ Elastyczność wariantu – rozumianą jako zdolność do skutecznej realizacji zadań OP (DCA) w wypadku innego działania przeciwnika powietrznego niż założono w jego ocenie.

¹² Teoria oceny możliwości bojowych wykorzystuje przede wszystkim podejście probabilistyczne.

prawdopodobnego) charakteryzującej jej rozkład. Dobrą ilustracją tych stwierdzeń jest następujący przykład [17]. Weźmy jako wskaźnik tego kryterium liczbę obronionych obiektów osłony i założmy dla uproszczenia, że są jednakowo ważne. Założmy ponadto, że jest ich 10. Rozpatrywane są dwa warianty osłony tych obiektów, A i B. Wyobraźmy sobie, że wykorzystaliśmy do oceny wiarygodny symulator działań bojowych¹³ wykonując np. po cztery symulacje każdego z wariantów. Otrzymaliśmy ciągi czterech wyników takie jak pokazany na rysunku 1.2, pozwalające obliczyć wartości przeciętne S_A i S_B , odpowiadające wariantom A i B.

Może się zatem okazać, że w wyniku symulacji uzyskamy identyczne przeciętne liczby obronionych obiektów (dla rozważanego przykładu $S_A=S_B=5$). Względem tego kryterium warianty A i B są równoważne. Ale czy są równoważne rzeczywiście? Poza omawianą wartością przeciętną istotny jest rozkład wyników uzyskiwany podczas kolejnych pseudoeksperymentów symulacyjnych. Mały rozrzut wyników świadczy o przewidywalności sytuacji powstałej po zastosowaniu wariantu (tu wariantu B). Wynika stąd, że wariant A jest bardziej ryzykowny jeśli przyjąć, że rozrzut realizacji jest miarą owego ryzyka. Sama wartość przeciętna nie informuje oceniającego o wszystkich aspektach istotnych dla konsekwencji jego decyzji.



Rys. 1.2. Ocena przeciętnej liczby obronionych obiektów na podstawie wyników symulacji.

Opracowanie własne [17].

¹³ Np. symulator działań powietrznych znany p.k. GAMBLER

Widać stąd, że w proponowanym rozwiązaniu każdemu wskaźnikowi skuteczności (efektywności bojowej) towarzyszy z nim związany wskaźnik ryzyka. Jest to istota postulowanego podczas ocen prospektywnych zachowania komplementarności kryteriów efektywności i ryzyka.

Argumentem przesądzającym dlaczego w ocenie efektywności bojowej SP w DCA za istotne uznano takie kryteria jak stopień osłony obiektów, straty własne i zadane przeciwnikowi powietrznemu był przede wszystkim fakt, iż właśnie te dane są treściami meldunków bojowych. Ponadto spełniają najważniejszy postulat wyboru kryterium – zgodności kryterium z celem działania.

Biorąc pod uwagę treści ATP 42 (B) oraz cele DCA¹⁴ formułowane podczas wszystkich obserwowanych ćwiczeń, zawarte w dyrektywach operacyjnych można stwierdzić, że podczas oceny wariantów użycia SP w DCA kryteria stosowane w tej ocenie powinny odzwierciedlać prognozowane efekty osłony obiektów.

Ponieważ cel DCA osiąga się pośrednio między innymi poprzez niszczenie ŚNP w powietrzu na podejściach do osłanianych obiektów. Walka z powietrznym potencjałem ofensywnym (zwłaszcza SP) potencjalnego przeciwnika jest więc formą nie tylko osiągnięcia celu DCA, ale także celu walki o przewagę i panowanie w powietrzu, w której neutralizacja militarnych zagrożeń powietrznych w stosunku do własnego terytorium jest niezwykle ważną jej częścią składową. Rezultaty tej walki powinny być także odzwierciedlone poprzez odpowiednio dobrane kryteria oceny.

W podsumowaniu można stwierdzić, że z uwagi na odzwierciedlenie założonego celu walki kryteria te w sposób bezpośredni, lub jeśli to niemożliwe pośredni powinny informować o oczekiwanych stratach zadanych przeciwnikowi, stratach własnych w potencjale SP desygnowanych do zadań defensywnych (OP) oraz o skutkach osłony obiektów. Relacje ważności pomiędzy tymi kryteriami powinny być

¹⁴ DCA prowadzona jest w celu udaremnienia lub zmniejszenia skutków uderzeń przeciwnika powietrznego na środki NATO.

określone dla konkretnej sytuacji operacyjno-taktycznej przez nadrzędny szczebel dowodzenia (np. podczas udzielania wskazówek i wytycznych (G&D)).

Na marginesie warto zaznaczyć, iż rolę zasad sztuki operacyjnej i taktyki w procesie planistycznym przedstawiono w I etapie badań [16] przypisując im funkcje wyznaczników w kreowaniu wariantów, a nie kryteriów ich oceny choćby i z tego tylko powodu, aby zróżnicować metody tworzenia i sprawdzania (oceniań).

Pewne implikacje dla koncepcji pojmowania istoty prognozowanej efektywności wdrożenia wariantu użycia SP w DCA (OP) niesie z sobą obronny charakter ich działań, które powinny być zaplanowane z uwzględnieniem elastyczności. Z reguły rozważa się kilka wariantów działań przeciwnika, z których do dalszych przedsięwzięć planistycznych, związanych z opracowaniem wariantów wybiera się jeden. Dla podmiotu planującego użycie SP w OP (DCA) nie tyle istotne jest, który wariant działania przeciwnika powietrznego jest najbardziej prawdopodobny, ale na ile dominuje w sensie prawdopodobieństwa realizacji inne warianty. Dokonanie oceny przeciwnika powietrznego i w jej wyniku wybranie jednego wariantu jego działań nie powinno mieć charakteru losowego. A symptomy takiej sytuacji mamy, gdy nie potrafimy intuicyjnie wskazać na przesłanki, które znacząco różnicują subiektywne prawdopodobieństwa ich zaistnienia. Wówczas pomimo wyboru jednego z wariantów do dalszego planowania (bo tak nakazuje procedura), trudno z całym przekonaniem skupić konsekwentnie wysiłek OP na odparcie zagrożenia jakie niesie ten wariant działania ŚNP. Podmiot planowania OP stara się wówczas zapewnić swoim rozwiązaniom elastyczność. W sytuacji przeciwnej, gdy decydent ma pełne przekonanie co do dominacji wybranego wariantu działań przeciwnika powietrznego do dalszego planowania w sensie prawdopodobieństwa jego realizacji, znaczenia nabiera zastosowanie zasady ześrodkowania wysiłku SP na likwidacji zagrożenia jakie stwarza ten wariant. W tej sytuacji kryterium elastyczności OP traci na ważności o tyle, o ile silne jest umotywowanie decydenta co do wyników oceny przeciwnika powietrznego.

W sytuacji mniej ostrych wymagań czasowych elastyczność jako osobne kryterium może zostać zagregowane poprzez uśrednienie efektywności danego

wariantu poddanego ocenie dla różnych wariantów nalotu przeciwnika powietrznego. Owa średnia powinna być średnią ważoną, przy czym wagi desygnowane wariantom nalotu powinny odpowiadać oszacowanym prawdopodobieństwom ich realizacji w rzeczywistości [17].

O potrzebie maksymalizowania efektywności, nie trzeba przekonywać, natomiast kwestia minimalizowania ryzyka nie jest już tak jednoznacznie aprobowana.

Argumentem za tezą o potrzebie minimalizacji ryzyka (którego miarą jest rozrzut realizacyjny ocenianych cech) może być następujący wywód.

Taktyka w NATO kojarzy się z egzekucją założeń planów strategicznych i operacyjnych. Dowódca taktycznego szczebla dowodzenia nie jest kreatorem przewidywanych rozmiarów zwycięstwa czy porażki w walce, ma wykonać bieżące zadania z określonym poziomem skuteczności i zachować przy tym pożądaną żywotność podległych sił i środków. Względna przewidywalność realizacji zadań taktycznych co do ich efektywności jest niezbędnym warunkiem dla planowania operacyjnego. Szczebel operacyjny, planujący operację w szerszym horyzoncie czasowym, z kolei ma świadomość probabilistycznego charakteru realizacji zadań planowanych na szczeblu taktycznym, ale nie może być zaskakiwany nieobliczalnymi rezultatami. Dlatego też ryzyko związane z rozrzutem losowej realizacji wariantu powinno być minimalizowane poprzez rekomendowanie w świetle tego kryterium wyboru wariantu, którego miary rozrzutu wskaźników efektywności są mniejsze.

Wymóg zapewnienia efektywności stochastycznej kryteriów ocen prospektywnych wariantów działań zmusza do badania parametrów rozkładu zmiennych losowych – kryteriów efektywności – metodami statystycznymi.

Wymagania dostępności szczegółowych danych wejściowych do uruchomienia modeli symulacyjnych czy kalkulacyjnych na potrzeby oceny wariantów działań defensywnych traktować można jako drugorzędne jeśli udałoby się opracować symulator „dobrze” odwzorowujący zjawiska walki sił powietrznych. Gdyby stanowiska dowodzenia dysponowały takim narzędziem oceny, wówczas zamiast

wariantów działań defensywnych można byłoby oceniać warianty planów działań defensywnych¹⁵.

1.3 Przydatność metod analizy wielokryterialnej i oceny efektywności bojowej

Postać funkcji kryterium efektywności i ryzyka

Konsekwencją pozostawienia ostatecznej decyzji o relacjach pomiędzy wartością efektywności i ryzyka wariantu w gestii decydenta jest potrzeba uwzględniania w ocenie dwóch funkcji kryterialnych.

Mając na względzie uzyskanie możliwie jak najprostszej (z uwagi na metodę oceny) sytuacji ocenowej postuluje się określanie efektywności wariantu jako średniej arytmetycznej, ważonej, obliczonej z unormowanych¹⁶ wartości proponowanych wyróżników kryterialnych efektywności.

Analogicznie miarą ryzyka byłaby średnia arytmetyczna, ważona obliczona z unormowanych wartości wariacji proponowanych wyróżników kryterialnych efektywności.

Zatem funkcje kryterialne efektywności E i ryzyka R przyjmą postać:

$$E = \frac{a_1 \cdot K_1 + a_2 \cdot K_2 + a_3 \cdot K_3}{a_1 + a_2 + a_3} \quad (1.1.)$$

$$R = \frac{a_1 \cdot D^2(K_1) + a_2 \cdot D^2(K_2) + a_3 \cdot D^2(K_3)}{a_1 + a_2 + a_3} \quad (1.2.)$$

gdzie:

a_1, a_2, a_3 – współczynniki wagowe wyróżników kryterialnych K_1, K_2, K_3 ;

¹⁵ Konieczność zmiany procedur sztabowych jest naturalną konsekwencją rozwoju techniki wspomagającej podejmowanie decyzji i planowanie działań.

¹⁶ W przypadku ustalenia kryterium oceny na podstawie wszystkich dostępnych wskaźników najczęściej stosowane jest normowanie wskaźników. Aby uniknąć sumowania danych o różnych jednostkach stosuje się przedstawianie każdego wskaźnika w postaci wielkości względnej (liczby niemianowanej), najczęściej o wartościach zmiennych w przedziale zmienności (0 1).

K_1 - unormowana przeciętna (oczekiwana), wartość ocalałego potencjału osłanianych najważniejszych obiektów;

K_2 - unormowana, przeciętna (oczekiwana) wartość zniszczonego potencjału ŚNP;

K_3 - unormowana, przeciętna (oczekiwana) wartość utraconego potencjału OP SP;

$D^2(K_1), D^2(K_2), D^2(K_3)$, - wariancje wyróżników kryterialnych K_1, K_2, K_3 ;

Ważniejsze argumenty

W I etapie badań dokonano przeglądu kilku reprezentatywnych metod analizy wielokryterialnej. Każda z ocenianych metod oraz technik, jakie mogą zostać wykorzystane do oceny wariantów jest obarczona pewnymi wadami i zaletami. W wypadku zastosowania technik taksonomicznych do oceny wariantów działań defensywnych zachodzi konieczność wyrażania wartości kryteriów (wskaźników ocenowych) w liczbach. Ponadto rangi kryteriów mogą być określane tylko metodą ekspertów, gdyż nie są dostępne empiryczne metody pomiaru relacji ważności pomiędzy przyjętymi wskaźnikami kryterialnymi.

W wypadku technik kwalitonomicznych nie występuje konieczność wyboru zbioru kryteriów oceny, ale skomplikowany jest sposób wyrażania preferencji przez decydenta¹⁷, co może doprowadzić do utraty kontroli przez niego nad tym aktem.

Z kolei proponowany zbiór kryteriów oceny jest na tyle przejrzysty, że utrata kontroli przez oceniającego nad aktem oceny nie wydaje się być dużym zagrożeniem.

Wnioski z oceny metod pomiaru efektywności i ryzyka

Metody oceny efektywności bojowej ze względu na ich istotę można podzielić na dwie grupy metod:

1. symulacyjne,
2. kalkulacyjne.

¹⁷ Postać wzoru Kolmana ma nieliniowy charakter zależności oceny od kryteriów.

Podstawowe wady stosowania metod symulacyjnych, opartych na stochastycznym generowaniu wyników oddziaływań i walk, do oceny defensywnych wariantów działań SP są następujące:

1. konieczność wprowadzenia szeregu danych, których stopień szczegółowości jest znacznie większy niż treści wariantu;
2. konieczność prowadzenia ciągu wielu eksperymentów symulacyjnych w celu pomiaru efektów przeciętnych (oczekiwanych);
3. konieczność prowadzenia eksperymentów symulacyjnych w czasie rzeczywistym w warunkach interakcji rzeczywistego systemu dowodzenia.
4. intuicyjny charakter oceny wiarygodności symulatora jako narzędzia.

Do zasadniczych zalet tych metod należy możliwość oceny wariantów (planów działań) defensywnych współbieżnie z planami ofensywnymi w układzie gry co pozwala uchwycić efekt synergiczny jaki towarzyszy ich realizacji. Najważniejszą jednak zaletą metod symulacyjnych jest dostępność symulatorów (np. symulator GAMBLER).

Omawiane symulatory można by wykorzystywać dodatkowo jako narzędzie do analizy (oceny) ryzyka, gdyż można ocenić przy ich pomocy rozrzut wyników symulacji (wariancję), charakterystyczny dla danego wariantu działań.

Jak łatwo spostrzec, pierwsze trzy wady stosowania metod symulacyjnych można zniwelować kosztem zwiększenia czasochłonności oceny. Zatem, metoda symulacyjna może być wykorzystana do oceny wariantów działań defensywnych w wypadku dysponowania wystarczającym czasem przeznaczonym na tę ocenę.

Metody kalkulacyjne wymagają podobnie jak metody symulacyjne wielu szczegółowych danych wejściowych do prowadzenia obliczeń, ale z reguły w wyniku ich stosowania otrzymujemy wartości przeciętne (oczekiwane). Wystarcza zatem jeden cykl obliczeń do uzyskania potrzebnych danych.

Zasadniczymi wadami metod kalkulacyjnych jest to, iż:

1. umożliwiają rozwiązywanie tylko cząstkowych zadań oceny efektywności,
2. niewiele z metod doczekało się implementacji w formie programu komputerowego¹⁸;
3. nie uwzględniają efektów synergicznych występujących podczas stosowania wszystkich podsystemów rażenia w walce.

Efektywne wspomaganie oceny rezultatów realizacji wariantów, pomijając terminowość uzyskania wyników, polega na wiarygodności ocen, która jest konsekwencją:

- ✓ dostępności trafnie zidentyfikowanych w wyniku oceny sytuacji, danych wejściowych niezbędnych do prowadzenia kalkulacji czy też pseudoeksperymentów symulacyjnych;
- ✓ wiarygodności zastosowanych metod (modeli matematycznych; algorytmów) prowadzenia kalkulacji lub symulacji.

Pojawia się problem zachowania decydentów w sytuacjach niepewnych¹⁹, kiedy kryteria wyboru tracą zdecydowanie wartościujący charakter. Np., jak ocenić skuteczność osłony obiektu przez różne środki scharakteryzowane w wyniku kalkulacji prawdopodobieństwami zestrzelenia ŚNP, a otrzymane wyniki niewiele się od siebie różnią jeżeli do wyniku kalkulacji nie podano tolerancji błędów obliczeń?

¹⁸ W wypadku ćwiczeń prowadzonych w Wydziale Lotnictwa i OP AON, ćwiczący mają do dyspozycji pakiet nieprofesjonalnych programów wspomagających prowadzenie kalkulacji operacyjnych i taktycznych oraz możliwość wykorzystania prototypu oprogramowania symulacyjnego. Dynamika ćwiczeń dowódczo-sztabowych przy ograniczonych obsadach stanowisk funkcyjnych, odbiegających od obsad rzeczywistych stanowisk dowodzenia zmusza ćwiczących do zaledwie sporadycznego korzystania z tych narzędzi.

¹⁹ Dzieje się tak np. wtedy, gdy wartość oceniana jest porównywalna z wartością kryterium, które z kolei wyznaczono z jakimś błędem, wówczas nie można jednoznacznie powiedzieć, czy w rzeczywistości zajdzie taka sama relacja wynikająca ze skutków interpretacji owego kryterium jak w rozważaniach teoretycznych. Np. jeśli wyliczyliśmy promień taktyczny $R_t=230\text{km}$ z dokładnością: $\pm 10\text{ km}$, to czy obiektywnie możliwe byłoby zwalczanie celu położonego w odległości 229km można osądzić np. na drodze doświadczałnej. Wówczas kryterium traci własności wartościujące.

Dlatego też postuluję się, by w miarę możliwości wszystkie wyniki kalkulacji taktycznych podawać w formie obliczonej wartości średniej, z określoną tolerancją błędu. Np., w ogólnej postaci $Y \pm \delta Y$.

Ponadto znane kalkulacyjne metodyki oceny wskaźników skuteczności bojowej lotnictwa, czy też wojsk obrony przeciwlotniczej SP nie pozwalają w obecnej formie na obliczanie wariancji (lub innych miar rozrzutu) wielkości wyliczanej w wyniku kalkulacji.

W konkluzji można stwierdzić, że istniejąca teoria oceny możliwości bojowych tworzy warunki do opracowania metodyk kalkulacyjnych i ich komputerowej profesjonalnej implementacji w formie oprogramowania wspomagającego proces oceny wariantów defensywnych sił powietrznych spełniającego przedstawione wymagania. Tym niemniej w chwili obecnej dostępność symulatora operacyjno-taktycznych działań powietrznych (GAMBLER), skłania do uwzględnienia tego narzędzia jako zasadniczego w pomiarze efektywności i ryzyka na potrzeby zamierzonej metodyki oceny wariantów.

2 ZASADNICZE FUNKCJE I MOŻLIWOŚCI SYMULATORA OPERACYJNO-TAKTYCZNYCH DZIAŁAŃ POWIETRZNYCH

2.1 Podstawowe moduły symulatora

Symulator operacyjno-taktycznych działań powietrznych (GAMBLER), zaprojektowany i wykonany pod kierownictwem B. Zdrodowskiego, jako jedyne dostępne w obecnej chwili narzędzie daje możliwość kompleksowej oceny efektów walki w wymiarze powietrznym pomiędzy potencjałami SP przeciwnych stron. Dlatego też celowym jest przypomnienie podstawowych funkcji i możliwości tego narzędzia. Precyzyjne opisy możliwości funkcjonalnych i zasad użytkowania symulatora GAMBLER zawierają inne pozycje literatury²⁰. Tym niemniej syntetyczny opis jego możliwości w ramach tego materiału powinien ułatwić zrozumienie opisów jego stosowania.

Symulator składa się z następujących modułów:

- ✓ scenariusza;
- ✓ symulacji;
- ✓ użytkownika.

Moduł scenariusza między innymi umożliwia edytowanie i odwzorowanie obiektów²¹ składających się na sytuację operacyjno-taktyczną w wymiarze powietrznym (a także w pewnym zakresie naziemnym) oraz opracowanie baz danych tych obiektów.

Moduł symulacji między innymi umożliwia:

- ✓ symulację w czasie rzeczywistym, z opcją zatrzymania i przyspieszania;
- ✓ podgląd wybranych parametrów obiektów biorących udział w danym scenariuszu;
- ✓ podgląd użytkowników danej sesji;

²⁰ Np. pozycja B. Zdrodowski, A. Glen, J. Zych, Projekt logicznego modelu symulatora operacyjno-taktycznych działań powietrznych, AON 2003.

²¹ Takich, jak np.: samoloty, stacje radiolokacyjne, bazy lotnicze, mosty, jednostki wojsk lądowych itp.

- ✓ zapisanie do pliku historii z rozegranego epizodu;
- ✓ wczytanie pliku z historią rozegranego epizodu;
- ✓ podgląd upływu czasu operacyjnego;
- ✓ możliwość cofnięcia symulacji do dowolnego momentu czasowego;
- ✓ przesyłanie komunikatów do grających stron i odbiór komunikatów od wszystkich zalogowanych do serwera użytkowników;
- ✓ określanie warunków METEO dla wszystkich stron.

Moduł użytkownika jest interfejsem dla każdej strony (każdego użytkownika), która może wprowadzać decyzję o użyciu swoich środków walki. Moduł ten ma łączyć się z modułem symulacji przetwarzającym dane szybkozmiennie i udostępniać je dedykowanym użytkownikom.

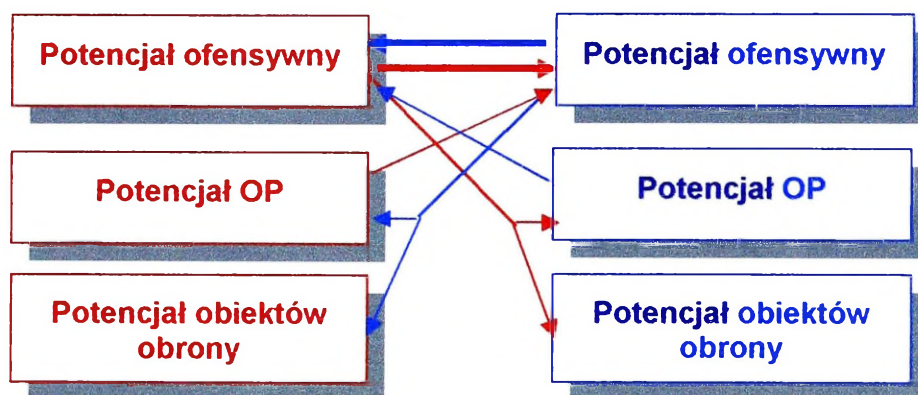
Moduł pozwala na:

- ✓ dysponowanie (sterowanie w pełnym zakresie decyzyjnym) wszystkimi dysponowanymi przez daną stronę obiektami elementarnymi;
- ✓ komunikację z dysponowanymi obiektami elementarnymi;
- ✓ pozyskiwanie informacji o stanie i realizowanych zadaniach przez obiekty elementarne będące w dyspozycji;
- ✓ pozyskiwanie informacji o obiektach strony przeciwnej (w ograniczonym zakresie);
- ✓ pozyskiwanie informacji o warunkach i terenie prowadzonych działań;
- ✓ skalowanie odwzorowania sytuacji (zmiana skali);
- ✓ nanoszenie i odzwierciedlanie wszelkich niezbędnych dla użytkownika (strony) stref, rejonów, korytarzy itp.;
- ✓ komunikację tekstową z koordynatorem (modułem symulacji);
- ✓ ponadto koordynator musi mieć możliwość sterowania wszystkimi zasobami grających stron, w tym ich stanem, położeniem, realizowanymi zadaniami, także zmianami ich stanów.

Podczas symulacji odwzorowane są decyzje stron, stany i zdarzenia w aspekcie czasu i przestrzeni oraz skutków fizycznych walki między obiektami zdefiniowanymi

w scenariuszu, które umownie można podzielić na potencjały ofensywne, defensywne i systemu obiektów uderzeń walczących stron. Możliwe jest także wprowadzenie w scenariuszu trzeciej strony. Aspekt skutków walki ma charakter losowy zdeterminowany parametrami skuteczności walczących środków.

Możliwe relacje walki, jakie mogą zachodzić podczas symulacji ilustruje rys. 2.1.



Rys. 2.1 Relacje oddziaływań potencjałów

bojowych w wymiarze powietrznym

Opracowanie własne [17].

Z punktu widzenia stopnia szczegółowości danych potrzebnych do uruchomienia pseudo eksperymentu symulacyjnego istotna jest wiedza o obiekach elementarnych . możliwości odzwierciedlenia decyzji stron, a także stanów i zdarzeń.

2.2 Obiekty elementarne

Obiektami elementarnymi są być:

- ✓ środek napadu powietrznego [samolot (myśliwski, bombowy, rozpoznawczy, transportowy, tankowania, śmigłowiec), grupa samolotów, rakiet balistyczna, manewrująca lub ich zgrupowanie];
- ✓ środek przeciwlotniczy (zestaw, pododdział, oddział);
- ✓ stacja radiolokacyjna (posterunek);
- ✓ lotnisko (lądowisko, drogowy odcinek lotniskowy);
- ✓ naziemny środek zakłócający;

- ✓ lotnicze środki rażenia (LŚR) (bomba, rakiet P-Z, i P-P, zasobnik paliwowy, zasobnik rozpoznawczy, zasobnik zakłócający);
- ✓ środek pozorujący;
- ✓ pozostałe obiekty naziemne (nawodne) mogące być przedmiotem ataku lotnictwa i obrony powietrznej;
- ✓ środek rozpoznania naziemnego;
- ✓ naziemne jednostki transportowe (MPS, LŚR, środków materiałowych);

Każdy z wymienionych obiektów opisany jest wieloma parametrami, charakteryzującymi jego możliwości taktyczno-techniczne.

Parametry te należy podzielić umownie na:

- ✓ parametry identyfikujące obiekt;
- ✓ parametry specyficzne dla każdego obiektu;
- ✓ parametry manewrowe;
- ✓ parametry potencjału bojowego.

Samolot jest charakteryzowany następującymi parametrami:

a. Identyfikującymi:

- ✓ typ (nazwa) samolotu;
- ✓ numer identyfikacyjny (indeks);
- ✓ piktogram przyporządkowany samolotowi;
- ✓ przynależność samolotu (strona A, B lub neutralny).

b. Specyficznymi:

- ✓ liczba podwieszeń;
- ✓ maksymalny pułap;
- ✓ zasięg rozpoznania obiektów powietrznych;
- ✓ warianty uzbrojenia;
- ✓ rodzaj zużywanego paliwa;
- ✓ zasięg;
- ✓ zużycie paliwa;
- ✓ pojemność zbiorników paliwa;
- ✓ pojemność zbiorników azotu;
- ✓ pojemność zbiorników tlenu;
- ✓ czas tankowania;

- ✓ skuteczna powierzchnia odbicia;
- ✓ waga (objętość) i rodzaj (MPS, LŚR, środki materiałowe) przewożonego ładunku.

c. Manewrowymi:

- ✓ prędkość maksymalna;
- ✓ prędkość minimalna;
- ✓ prędkość wznoszenia;
- ✓ prędkość zniżania.

d. Potencjału bojowego:

- ✓ sprawny,
- ✓ uszkodzony,
- ✓ zniszczony.

Środek przeciwlotniczy charakteryzowany jest następującymi parametrami:

a. Identyfikującymi:

- ✓ nazwa;
- ✓ numer obiektu;
- ✓ piktogram przyporządkowany;
- ✓ przynależność.

b. Specyficznymi:

- ✓ zasięg rażenia;
- ✓ prawdopodobieństwo rażenia jedną rakieta (salwą);
- ✓ maksymalna liczba rakiet (serii) w jednym strzelaniu;
- ✓ liczba dysponowanych rakiet na stanowisku;
- ✓ liczba kanałów celowania (liczba jednocześnie ostrzeliwanych celów);
- ✓ prędkość marszowa rakiety (pocisków);
- ✓ czas cyklu strzelania (zajętości KC w strzelaniu do jednego celu);
- ✓ czas przejścia do gotowości bojowej;
- ✓ maksymalna wysokość strzelania;
- ✓ minimalna wysokość strzelania.

c. Manewrowymi:

- ✓ prędkość przemieszczania;
- ✓ czas rozwinięcia;
- ✓ czas zwinięcia.

d. Potencjału bojowego:

- ✓ wielkość chwilowego potencjału bojowego;

- ✓ poziom potencjału niezbędny do pracy bojowej;
- ✓ poziom potencjału poniżej którego środek zostaje bezpowrotnie zniszczony;
- ✓ odporność na LŚR (lotnicze środki rażenia).

e. Maskowania:

- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie wzrokowym;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie podczerwieni;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie elektronicznym

Stacja radiolokacyjna (posterunek) charakteryzowana jest następującymi parametrami:

a. Identyfikującymi:

- ✓ nazwa (typ);
- ✓ numer obiektu;
- ✓ piktogram przyporządkowany;
- ✓ przynależność.

b. Specyficznymi:

- ✓ zasięg rozpoznania (w funkcji wysokości);
- ✓ czas osiągnięcia gotowości bojowej.

c. Manewrowymi:

- ✓ prędkość przemieszczania;
- ✓ czas rozwinięcia;
- ✓ czas zwinięcia.

d. Potencjału bojowego:

- ✓ wielkość chwilowego potencjału bojowego;
- ✓ poziom potencjału niezbędny do pracy bojowej;
- ✓ poziom potencjału poniżej którego środek zostaje bezpowrotnie zniszczony;
- ✓ odporność na LŚR (lotnicze środki rażenia).

e. Maskowania:

- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie wzrokowym;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie podczerwieni;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie elektronicznym

Lotnisko jest charakteryzowane następującym zestawem parametrów:

a. Identyfikacyjnych:

- ✓ typ lotniska;
- ✓ nazwa lotniska;
- ✓ ujawnione czy ukryte;
- ✓ piktogram przyporządkowany;

- ✓ przynależność.

b. Specyficznych:

- ✓ główny kierunek lądowania;
- ✓ sprawność pasa startowego;
- ✓ czasem kołowania;
- ✓ sprawnością MPS;
- ✓ zasobami paliwa;
- ✓ sprawnością uzbrajania samolotów;
- ✓ zasobami LŚR (lotniczych środków rażenia).

c. Potencjału bojowego:

- ✓ czasem uszkodzenia pasa startowego;
- ✓ czasem wyeliminowania służb MPS;
- ✓ czasem wyeliminowania służb uzbrojenia;
- ✓ odporność na LŚR (lotnicze środki rażenia).

Inne obiekty charakteryzowane mają być parametrami:

a. Identyfikującymi:

- ✓ nazwa (typ);
- ✓ numer obiektu;
- ✓ piktogram przyporządkowany;
- ✓ przynależność.

b. Manewrowymi:

- ✓ mobilność;
- ✓ prędkość przemieszczania;
- ✓ czas rozwinięcia;
- ✓ czas zwinięcia.

c. Potencjału bojowego:

- ✓ wielkość chwilowego potencjału bojowego;
- ✓ poziom potencjału niezbędny do pracy bojowej;
- ✓ poziom potencjału poniżej którego środek zostaje bezpowrotnie zniszczony;
- ✓ odporność na LŚR (lotnicze środki rażenia).

d. Maskowania

- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie wzrokowym;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie podczerwieni;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie elektronicznym

Jednostka transportowa charakteryzowana jest następującymi parametrami:

a. Identyfikującymi:

- ✓ nazwa (typ);
- ✓ numer obiektu;
- ✓ piktogram przyporządkowany;
- ✓ przynależność.

b. Specyficznymi:

- ✓ rodzaj przewożonego ładunku (MPS, LŚR, środki materiałowe);
- ✓ wagomiar (objętość) przewożonego ładunku.

c. Manewrowymi

- ✓ mobilność;
- ✓ prędkość przemieszczania;
- ✓ czas rozwinięcia;
- ✓ czas zwinięcia.

d. Potencjału bojowego:

- ✓ wielkość chwilowego potencjału bojowego;
- ✓ poziom potencjału niezbędny do pracy bojowej;
- ✓ poziom potencjału poniżej którego środek zostaje bezpowrotnie zniszczony;
- ✓ odporność na LŚR (lotnicze środki rażenia).

e. Maskowania

- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie wzrokowym;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie podczerwieni;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie elektronicznym

Naziemny środek rozpoznania opisany jest następującymi parametrami:

a. Identyfikującymi:

- ✓ nazwa (typ);
- ✓ numer obiektu;
- ✓ piktogram przyporządkowany;
- ✓ przynależność.

b. Specyficznymi:

- ✓ rodzaj realizowanego rozpoznania;
- ✓ zasięg rozpoznania

c. Manewrowymi:

- ✓ mobilność;
- ✓ prędkość przemieszczania;

- ✓ czas rozwinięcia;
- ✓ czas zwinięcia.

d. Potencjału bojowego:

- ✓ wielkość chwilowego potencjału bojowego;
- ✓ poziom potencjału niezbędny do pracy bojowej;
- ✓ poziom potencjału poniżej którego środek zostaje bezpowrotnie zniszczony;
- ✓ odporność na LŚR (lotnicze środki rażenia).

e. Maskowania:

- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie wzrokowym;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie podczerwieni;
- ✓ wielkość współczynnika maskowania w paśmie elektronicznym.

Lotnicze środki rażenia (LŚR) opisane mają być następującymi parametrami:

- ✓ nazwa (typ);
- ✓ prędkość marszowa (dla rakiet);
- ✓ rubież odpalania (dla rakiet);
- ✓ zasięg rażenia;
- ✓ prawdopodobieństwo trafienia w cel (dla rakiet i bomb);
- ✓ moc rażenia (dla rakiet i bomb);
- ✓ przeznaczenie (do celów powietrznych lub naziemnych);
- ✓ pojemność zbiornika (dla pojemników paliwa);
- ✓ rodzaj zakłóceń (w paśmie widzialnym, w podczerwieni, elektroniczne), zasięg zakłóceń, moc zakłóceń;
- ✓ promień rozpoznania w każdym z pasm (dla zasobników rozpoznawczych);
- ✓ czas opóźnienia dostarczenia informacji (dla zasobników rozpoznawczych).

2.3 Odzwierciedlanie decyzji stron

W symulatorze mają być odzwierciedlane decyzje stron w ograniczonym zakresie. Strony uczestniczące w grze mają być uprawnione do dysponowania posiadanymi obiektami elementarnymi wyłącznie w zakresie możliwości tych obiektów, przypisanych na poziomie scenariusza. Strony A, B i C mają posiadać uprawnienia decyzyjne w następującym zakresie:

W stosunku do samolotów (grupy):

- ✓ Określenie strefy dyżurowania (wyczekiwania) w zakresie:
 - umiejscowienie przestrzenne (obszar, wysokość);
 - czasu realizacji.
- ✓ Wskazanie naziemnego (nawodnego) obiektu (ów) uderzeń w zakresie:
 - obiekt (ty) uderzenia;
 - środek (ki) rażenia;
 - trasa dolotu (punkty zwrotne, wysokość);
 - lotnisko docelowe po wykonaniu zadania;
 - czas rozpoczęcia realizacji zadania.
- ✓ Wskazanie powietrznego obiektu (ów) do zniszczenia w zakresie:
 - cel (e) powietrzny do zniszczenia;
 - środek (ki) rażenia.
- ✓ Zmiana realizowanego zadania w zakresie:
 - w pełnym zakresie zadań wymienionych powyżej;
 - wysokość samolotu (ów).
- ✓ Zgrupować samoloty w jedną grupę.
- ✓ Rozgrupować grupę samolotów.
- ✓ Tankowanie w strefie.

W stosunku do środka (ów) przeciwlotniczego:

- ✓ przemieszczenie w określone miejsce;
- ✓ zezwolenie na prowadzenie ognia;
- ✓ zakaz prowadzenia ognia;
- ✓ liczba rakiet w salwie;
- ✓ wybór dyrektywy prowadzenia ognia:
 - do najbliższego;
 - do zbiorowych;
 - do wskazanych;
 - do najniższych.

W stosunku do stacji RLS (posterunków):

- ✓ przemieszczenie w określone miejsce;
- ✓ włączenie stacji;
- ✓ wyłączenie stacji.

W stosunku do pozostałych obiektów:

- ✓ przemieszczenie w określone miejsce.

W stosunku do jednostki transportowej:

- ✓ załadowanie określonego rodzaju i wagomiaru (objętości) ładunku;
- ✓ przemieszczenie w określone miejsce.

W stosunku do naziemnego środka rozpoznawczego:

- ✓ przemieszczenie w określone miejsce;
- ✓ włączenie środka;
- ✓ wyłączenie środka.

Zdecydowanie większy zakres uprawnień decyzyjnych ma posiadać Koordynator.

Ponad wymienione uprawnienia upoważniony on jest również do:

- ✓ dysponowania obiektami strony neutralnej;
- ✓ dokonywania zmian stanów wszystkich obiektów odzwierciedlanych w grze;
- ✓ zmian posiadanych zasobów (liczby dysponowanych obiektów elementarnych oraz środków walki) przez wszystkich uczestników gry.

2.4 Odzwierciedlanie stanów i zdarzeń

W symulatorze mają być odzwierciedlane następujące stany i zdarzenia:

Zdarzenia związane z samolotem (grupą):

Samolot może znajdować się w następujących położeniach i stanach:

a) Sprawny:

- ✓ na lotnisku (gotowy do działań, uszkodzony, tankowany, uzbrajany, kołuje, rozbrajany);
- ✓ w strefie (wyczekuje wykonując lot w strefie na zadanej wysokości, zużywa zasoby paliwa);
- ✓ wykonuje zadanie (prowadzi rozpoznanie - zarówno obiektów powietrznych jak i naziemnych, jest tankowany, atakuje obiekty naziemne lub nawodne, atakuje cele powietrzne, wykonuje lot po zadanej trasie, zużywa zasoby paliwa, zużywa posiadane LŚR, tankuje inne samoloty);
- ✓ realizuje dołot do rubieży ataku (zużywa zasoby paliwa);

- ✓ realizuje dolot do lotniska docelowego po wykonaniu zadania (zużywa zasoby paliwa);
 - ✓ po wyczerpaniu posiadanych zasobów paliwa do poziomu bezpieczeństwa sygnalizuje zakończenie realizacji zadania i samoczynnie powraca na wcześniej wskazane lotnisko. Jeśli w drodze powrotnej zwiąże się walką, a zużyte paliwo nie wystarcza do powrotu na wskazane lotnisko - ulega rozbiciu.
- b) Zniszczony:
- ✓ na lotnisku (w wyniku ataku lotnictwa przeciwnika);
 - ✓ w powietrzu (w wyniku trafienia przez środek przeciwlotniczy lub samolot przeciwnika lub wyczerpania zasobów paliwa).
- c) Uszkodzony - jeśli jest na lotnisku, które zostało zaatakowane przez ŚNP strony przeciwnej, i wylosowano trafienie samolotu, wówczas określany jest czas uszkodzenia.

Zdarzenia związane ze środkiem przeciwlotniczym:

Środek przeciwlotniczy może znajdować się w jednym ze stanów:

- ✓ na stanowisku (sprawny, obezwładniony, zniszczony);
 - ✓ w marszu.
- a) Na stanowisku:
- ✓ Sprawny:
 - w gotowości bojowej i posiada zezwolenie do prowadzenia ognia (oczekuje na pojawienie się celów powietrznych, dokonuje wyboru celu do ostrzelania według dyrektyw decyzyjnych, realizuje strzelanie, zmniejsza zasoby rakiet wraz z ich zużyciem, odtwarza utracony potencjał bojowy);
 - w gotowości bojowej i obowiązuje zakaz prowadzenia ognia (w pełni gotowy, prowadzi rozpoznanie lecz nie prowadzi strzelania, odtwarza utracony potencjał bojowy);
 - rozwija się (po wykonanym przemieszczeniu);
 - zwija się (do wykonania przemieszczenia);
 - osiąga gotowość (po zezwoleniu na prowadzenie ognia).
 - ✓ Obezwładniony: odtwarza zdolność bojową, aż do jej osiągnięcia – przechodząc w stan gotowości;

- ✓ Zniszczony: bezpowrotnie eliminowany z gry.
- b) W marszu: przemieszcza się w nakazane miejsce.

Zdarzenia związane ze stacjami RLS:

Stacja RLS (posterunek) może znajdować się w jednym ze stanów:

- ✓ na stanowisku (sprawna, obezwładniona, zniszczona);
 - ✓ w marszu.
- a) Na stanowisku:
- ✓ Sprawna:
 - w gotowości bojowej i posiada zezwolenie pracy bojowej (oczekuje na pojawienie się obiektów powietrznych, odtwarza utracony potencjał bojowy);
 - w gotowości bojowej i nie obowiązuje praca bojowa (w pełni gotowa, lecz nie prowadzi rozpoznania, odtwarza utracony potencjał bojowy);
 - rozwija się (po wykonanym przemieszczeniu);
 - zwija się (do wykonania przemieszczenia);
 - osiąga gotowość (po zezwoleniu na prace bojową).
 - ✓ Obezwładniona: odtwarza zdolność bojową, aż do jej osiągnięcia – przechodząc w stan gotowości;
 - ✓ Zniszczona: bezpowrotnie eliminowana z gry.
- b) W marszu: przemieszcza się w nakazane miejsce.

Zdarzenia związane z lotniskiem:

Stan każdego lotniska związany jest z czterema jego elementami: zasobami MPS i sprawnością tankowania samolotów, zasobami LŚR i sprawnością uzbrajania samolotów, sprawnością pasa startowego, samolotami stacjonującymi na lotnisku. Każda z wymienionych grup obiektów może znajdować się niezależnie od siebie w następującym położeniu:

- ✓ Sprawna (są zasoby, służby są sprawne w uzbrajaniu i tankowaniu samolotów, można korzystać z pasa startowego, samoloty są sprawne). Wraz z tankowaniem i uzbrajaniem samolotów zużywane są zasoby lotniska, aż do ich wyczerpania. Samoloty odtwarzają zdolność bojową i oczekują (wykonują) na zadanie.

- ✓ Uszkodzona (obezwładniona) na określony czas.

Zdarzenia związane z pozostałymi obiektami:

Każdy pozostały obiekt może znajdować się w jednym ze stanów:

- ✓ na stanowisku, w rejonie, w określonym miejscu (sprawny, obezwładniony, zniszczony);
- ✓ w marszu (dotyczy tylko obiektów manewrowych).

a) Na stanowisku:

- ✓ Sprawny:
 - Realizuje swoje zadania i odtwarza utracony potencjał bojowy;
 - rozwija się (po wykonanym przemieszczeniu);
 - zwija się (do wykonania przemieszczenia).
- ✓ Obezwładniony: odtwarza zdolność bojową, aż do jej osiągnięcia – przechodząc w stan gotowości.
- ✓ Zniszczony: bezpowrotnie eliminowany z gry.

b) W marszu: przemieszcza się w nakazane miejsce.

Zdarzenia związane z naziemnymi środkami rozpoznania:

Naziemny środek rozpoznania może znajdować się w jednym ze stanów:

- ✓ na stanowisku (sprawny, obezwładniony, zniszczony);
- ✓ w marszu.

a) Na stanowisku:

- ✓ Sprawny:
 - w gotowości bojowej, nie posiada zezwolenia pracy bojowej (odtwarza utracony potencjał bojowy);
 - w gotowości bojowej i obowiązuje praca bojowa (w pełni gotowa, prowadzi rozpoznanie, odtwarza utracony potencjał bojowy);
 - rozwija się (po wykonanym przemieszczeniu);
 - zwija się (do wykonania przemieszczenia);
 - osiąga gotowość (po zezwoleniu na pracę bojową).

- ✓ Obezwładniony: odtwarza zdolność bojową, aż do jej osiągnięcia – przechodząc w stan gotowości;
- ✓ Zniszczony: bezpowrotnie eliminowany z gry.

b) W marszu: przemieszcza się w nakazane miejsce.

Zdarzenia związane z LŚR (zasobniki paliwa i rozpoznawcze):

LŚR mogą znajdować się:

- ✓ w składach na lotnisku;
- ✓ na zaczepie samolotu (po uzbrojeniu);
- ✓ wykonywać dołot do atakowanego celu w trakcie ataku (dotyczy rakiet P-P i P-Z).

Zdarzenia związane z jednostkami transportowymi:

Każda naziemna jednostka transportowa może znajdować się w jednym ze stanów:

- ✓ w określonym miejscu (rejonie) (sprawna, obezwładniona, zniszczona);
- ✓ w marszu.

a) Na stanowisku:

- ✓ Sprawna:
 - odtwarza utracony potencjał bojowy;
 - rozwija się (po wykonanym przemieszczeniu);
 - zwija się (do wykonania przemieszczenia);
 - ładuje środki materiałowe (MPS, LŚR);
 - rozładowuje środki materiałowe (MPS, LŚR).
- ✓ Obezwładniona: odtwarza zdolność bojową, aż do jej osiągnięcia – przechodząc w stan gotowości.
- ✓ Zniszczona: bezpowrotnie eliminowana z gry.

b) W marszu: przemieszcza się w nakazane miejsce.

Funkcje dodatkowe symulatora docelowego

Symulator docelowy, w stosunku do wersji laboratoryjnej jest wzbogacony o funkcje:

a) stanowisk dedykowanych dla 5 rodzajów stanowisk: dowódcy, kierującego wojskami OPL, kierującego lotnictwem, kierującego siłami rozpoznania, kierującego logistyką.

b) generowania i czytania sformalizowanych dokumentów bojowych: ATO, ACO, zarządzeń.

c) komunikacji pomiędzy wszystkimi użytkownikami, z dwoma opcjami: pierwszą - komunikacji wewnętrznej, pomiędzy wszystkimi stanowiskami tej samej strony; oraz funkcję komunikacji zewnętrznej, pomiędzy stanowiskami dowódców stron i koordynatorem.

d) uwzględniającą warunki METEO w symulatorze.

3 METODYKA OCENY WARIANTÓW

Dwie zasadniczo różniące się wymaganiami czasowymi sytuacje planowania OP pociągają za sobą potrzebę opracowania odmiennych metod oceny defensywnych wariantów działań sił powietrznych. W dogodnych uwarunkowaniach czasowych planowania OP możliwe jest wykorzystanie technik symulacyjnych, w tym symulatora operacyjno-taktycznych działań powietrznych opracowanego przez zespół pod kierownictwem B. Zrodowskiego (którego opis przedstawiono w rozdziale 2 niniejszego opracowania) – **zwanego dalej symulatorem**. W dynamice działań, w warunkach ostrych wymagań czasowych proponowany algorytm postępowania oceniającego oparto na podstawie heurystyki i metod kalkulacyjnych.

Poniżej przedstawione procedury oceny dotyczą weryfikacji wariantów w świetle jednego najbardziej prawdopodobnego zmasowanego nalotu ŚNP. Perspektywa czasowa obowiązywania rozkazu dla sił OP (ATO) – 24h nakazywałaby brać w ocenie także kolejne naloty. W tej sytuacji możliwe jest zrealizowanie tych procedur dla kolejnych nalotów z uwzględnieniem rezultatów poprzednich. Wówczas proponuje się by ocena ogólna w świetle kryteriów efektywności i ryzyka była obliczana jako średnia ważona wskaźników wyjściowych każdej procedury. Wagi dla kryteriów efektywności i ryzyka będą zależeć od preferencji podmiotu oceniającego (trzeba jednak zaznaczyć iż wyniki pierwszego zmasowanego uderzenia ze względów operacyjnych powinny mieć znaczenie priorytetowe).

3.1 Algorytm oceny wariantów w dogodnych uwarunkowaniach czasowych

Algorytm postępowania podczas procesu oceny wariantów można umownie podzielić na trzy etapy:

1. przygotowania danych;
2. pomiaru wartości kryteriów – polegający na przeprowadzeniu dla każdego wariantu wyznaczonej liczby eksperymentów i archiwizacji wyników;
3. opracowania wyników symulacji i dokonania oceny wariantów.

W celu ułatwienia oceny efektywności i ryzyka jako cech (atrybutów) ocenianego N -tego wariantu proponuje się zestawienie wyników postępowania w tabeli 1. Natomiast zestawienie ocen wszystkich rozważanych wariantów w tabeli 2. Proponowane wzory form omawianych tabel przedstawiono poniżej.

Realizacja algorytmu postępowania podczas oceny wariantów prowadzić będzie do sukcesywnego wypełniania pól obu tabel, konkretnymi wartościami liczbowymi, a w konsekwencji do uzyskania miar liczbowych podstawowych wyróżników kryterialnych efektywności (K_{1N} , K_{2N} , K_{3N}) i ryzyka [$D_{1N}^2(K_{1N})$, $D_{2N}^2(K_{2N})$, $D_{3N}^2(K_{3N})$], pozwalających obliczyć umowne miary tych kryteriów (E_N , R_N) danego N -tego wariantu działań defensywnych sił powietrznych²² zgodnie z zależnościami 1.1 i 1.2.

Na uwagę zasługuje postulat normowania wyróżników kryterialnych efektywności i ryzyka zestawionych w tabeli 2. Ten zabieg formalny pozwala sprawować wyższą kontrolę nad procesem oceny wielu wariantów.

Konieczność zapewnienia efektywności statystycznej formułowanych ocen wymaga realizacji serii wstępnych i właściwych pseudo eksperymentów symulacyjnych w celu obliczenia wartości przeciętnych parametrów wyjściowych. Zestawienie wyników poszczególnych eksperymentów wstępnych proponuje się realizować z wykorzystaniem tabeli pomocniczej (tabela 3), natomiast eksperymentów właściwych w tabeli jak np. tabela 4.

Wszystkie tabele zaproponowane w metodyce oceny można wykonać jako arkusze kalkulacyjne (np. w formacie EXCEL) co znakomicie ułatwia realizację procesu oceniania i minimalizuje możliwość popełnienia błędów obliczeniowych. W tej sytuacji kalkulacje prowadzone w etapach przygotowawczym i opracowania wyników symulacji zrealizowane zostaną automatycznie, a rola użytkownika polegać będzie na wprowadzeniu danych do arkusza kalkulacyjnego i uruchomieniu procedury.

²² K_1 ,- unormowana przeciętna (oczekiwana), wartość ocalałego potencjału osłanianych najważniejszych obiektów; K_2 ,-unormowana, przeciętna (oczekiwana) wartość zniszczonego potencjału ŚNP; K_3 —unormowana, przeciętna (oczekiwana) wartość utraconego potencjału OP SP; $D^2(K_1)$, $D^2(K_2)$, $D^2(K_3)$, - wariacje wyróżników kryterialnych K_1 , K_2 , K_3 .

Tabela 1

Zestawienie parametrów oceny N -tego wariantu działań defensywnych sił powietrznych

Indeks	Typ środka lub obiektu	Liczba	Średnie straty w serii eksperymentów	Wariancja strat serii eksperymentów	Współczynnik ważności środka (obiektu)	Średnie straty wyrażone w jednostkach potencjału	Średnia wariancja strat wyrażona w jednostkach potencjału	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Obiekty osłony	1	(np. bazy lotnicze)	ob_1	S_{ob_1}	W_{ob_1}	A_{ob_1}	S_{1N}	$D_{1N}^2(S_{1N})$
	2	(np. porty)	ob_2	S_{ob_2}	W_{ob_2}	A_{ob_2}		
		
	k	(np. mosty)	ob_k	S_{ob_k}	W_{ob_k}	A_{ob_k}		
ŚNP	1	(np. Su-25)	$śnp_1$	$S_{śnp_1}$	$W_{śnp_1}$	$A_{śnp_1}$	S_{2N}	$D_{2N}^2(S_{2N})$
		
	n		$śnp_n$	$S_{śnp_n}$	$W_{śnp_n}$	$A_{śnp_n}$		
Potencjał OP SP	1	(np. MiG-29A)	pop_1	S_{pop_1}	W_{pop_1}	A_{pop_1}	S_{3N}	$D_{2N}^2(S_{3N})$
	2	(np. PZR S-300PMU1)	pop_2	S_{pop_2}	W_{pop_2}	A_{pop_2}		
		
	m		pop_m	S_{pop_m}	W_{pop_m}	A_{pop_m}		

Tabela 2

Zestawienie wartości wyróżników kryterialnych i ocen efektywności i ryzyka M wariantów działań defensywnych sił powietrznych

	Indeks	Współczynniki wagowe wyróżników kryterialnych	Wariant I				...	Wariant M			
			Unormowane wartości wyróżników kryterialnych efektywności	Unormowane wartości wyróżników kryterialnych ryzyka	Wskaźnik efektywności wariantu	Wskaźnik ryzyka wariantu	...	Unormowane wartości wyróżników kryterialnych efektywności	Unormowane wartości wyróżników kryterialnych ryzyka	Wskaźnik efektywności wariantu	Wskaźnik ryzyka wariantu
	1	2	3	4	5	6	...	3+4(M-1)	4+4(M-1)	5+4(M-1)	6+4(M-1)
Obiekty osłony	1	a_1	$K_{1,I}$	$D_{1,I}^2(K_{1,I})$	E_I	R_I	...	K_{1M}	$D_{1M}^2(K_{1M})$	E_M	R_M
ŚNP	2	a_2	$K_{2,I}$	$D_{2N}^2(K_{2,I})$				K_{2M}	$D_{2M}^2(K_{2M})$		
Potencjał OP SP	3	a_3	$K_{3,I}$	$D_{2N}^2(K_{3,I})$				K_{3M}	$D_{2M}^2(K_{3M})$		

Tabela 3

Zestawienie wyników **wstępnej serii** eksperymentów symulacyjnych N -tego wariantu działań defensywnych sił powietrznych

	Typ środka lub obiektu	Straty ²³					Średnie straty w serii eksperymentów	Wariancja strat serii eksperymentów	Potrzebna liczba eksperymentów
		eksp.1	eksp.2	eksp.3	eksp.4	eksp.5			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Obiekty osłony	1 (np. bazy lotnicze)	$s_{ob_{1,1}}$	$s_{ob_{1,2}}$	$s_{ob_{1,3}}$	$s_{ob_{1,4}}$	$s_{ob_{1,5}}$	S_{ob_1}	W_{ob_1}	E_{ob_1}

	k (np. mosty)	$s_{ob_{k,1}}$	$s_{ob_{k,2}}$	$s_{ob_{k,3}}$	$s_{ob_{k,4}}$	$s_{ob_{k,5}}$	S_{ob_k}	W_{ob_k}	E_{ob_k}
ŚNP	1 (np. Su-25)	$S_{śnp_{1,1}}$	$S_{śnp_{1,2}}$	$S_{śnp_{1,3}}$	$S_{śnp_{1,4}}$	$S_{śnp_{1,5}}$	$S_{śnp_1}$	$W_{śnp_1}$	$E_{śnp_1}$

	n (np. BAL)	$S_{śnp_{n,1}}$	$S_{śnp_{n,2}}$	$S_{śnp_{n,3}}$	$S_{śnp_{n,4}}$	$S_{śnp_{n,5}}$	$S_{śnp_n}$	$W_{śnp_n}$	$E_{śnp_n}$
Potencjał OP SP	1 (np. MiG-29A)	$S_{pop_{1,1}}$	$S_{pop_{1,2}}$	$S_{pop_{1,3}}$	$S_{pop_{1,4}}$	$S_{pop_{1,5}}$	S_{pop_1}	W_{pop_1}	E_{pop_1}

	m (np. PZR SA-7)	$S_{pop_{m,1}}$	$S_{pop_{m,2}}$	$S_{pop_{m,3}}$	$S_{pop_{m,4}}$	$S_{pop_{m,5}}$	S_{pop_m}	W_{pop_m}	E_{pop_m}

²³ W wypadku strat w obiektach wygodnie jest operować skalą procentową utraty zdolności eksploatacyjnej (operacyjnej, rozmiar zniszczeń). W wypadku obiektów, dla których stopień porażenia podaje się czasem utraty zdolności operacyjnej (np. lotniska), abstrahując od ich współczynników ważności, można przyjąć straty jako procent utraty zdolności odniesiony do planowanego czasu trwania (działań).

Tabela 4

Zestawienie wyników właściwej serii E_N eksperymentów symulacyjnych N -tego wariantu działań defensywnych sił powietrznych

		Typ środka lub obiektu	Straty ²⁴				Średnie straty w serii eksperymentów	Wariancja strat serii eksperymentów
			eksp.1	eksp.2	...	eksp. E_N		
	1	2	3	4	...	E_{N+2}	E_{N+3}	E_{N+4}
Obiekty osłony	1	(np. bazy lotnicze)	$s ob_{1,1}$	$s ob_{1,2}$		$s ob_{1,E_N}$	$S ob_1$	$W ob_1$

	k	(np. mosty)	$s ob_{k,1}$	$s ob_{k,2}$		$s ob_{k,E_N}$	$S ob_k$	$W ob_k$
ŚNP	1	(np. Su-25)	$s śnp_{1,1}$	$s śnp_{1,2}$		$s śnp_{1,E_N}$	$S śnp_1$	$W śnp_1$

	n		$s śnp_{n,1}$	$s śnp_{n,2}$		$s śnp_{n,E_N}$	$S śnp_n$	$W śnp_n$
Potencjał OP SP	1	(np. MiG-29A)	$s pop_{1,1}$	$s pop_{1,2}$		$s pop_{1,E_N}$	$S pop_1$	$W pop_1$

	m	(np. PZR SA-7)	$s pop_{m,1}$	$s pop_{m,2}$		$s pop_{m,E_N}$	$S pop_m$	$W pop_m$

²⁴ Jak w tabeli 3

Założmy, że ocenie poddano M wariantów.

POCZĄTEK PROCEDURY

Etap przygotowania danych

1. Przygotowanie dla każdego wariantu potrzebnej liczby tabel pozwalających na zestawienie parametrów oceny (M x tabela 1) i tabeli 2.
2. Określenie współczynników ważności podstawowych wyróżników kryterialnych efektywności i ryzyka a_1, a_2, a_3 (tabela 2, kolumna 2), jednakowych dla wszystkich wariantów. O wartości tych współczynników zdecydować metodami heurystycznymi (np. ekspercką)²⁵.
3. Wspecyfikowanie rodzaju danych wejściowych eksperymentu symulacyjnego – wypełnienie kolumny 2 i 3 tabeli 1 na podstawie identyfikatorów stron i wniosków z analizy zadania.
4. Określenie współczynników ważności obiektów osłony $A ob_1 \dots A ob_k$ (tabela 1, kolumna 3), jednakowych dla wszystkich wariantów.

Dla k -obiektów osłony zdecydować o wartości tych współczynników metodą ekspercką stosując zasadę, im ważniejszy obiekt osłony tym większy współczynnik wagowy tego obiektu. Współczynniki mogą być dowolnymi liczbami rzeczywistymi dodatnimi.

5. Określenie współczynników ważności (wartości bojowej) ŚNP i własnych środków OP SP $A śnp_1 \dots A śnp_n$ oraz $A pop_1 \dots A pop_m$ (tabela 1, kolumna 3).

Dla n -typów ŚNP i m -typów środków OP zdecydować o wartości tych współczynników np. metodami heurystycznymi (ekspercką) stosując zasadę, im ważniejszy środek tym większy jego współczynnik wagowy, przy czym zachować te same relacje pomiędzy oceną wartości ŚNP i własnych środków OP²⁶. Współczynniki mogą być dowolnymi liczbami rzeczywistymi dodatnimi.

²⁵ Zgodnie z ogólnym postulatem relatywizacji oceny do potrzeb oceniającego, każdy podmiot oceny ma prawo do wartościowania według swojego systemu wartości określonych fragmentów ocenianej rzeczywistości zgodnie z celem oceny.

²⁶ Inną alternatywą jest twórcze wykorzystanie wyników badań np. K. Ficonia [7] lub J. Błaszczyka [7], [8], czy też M. Wróblewskiego [31].

6. Przygotowanie scenariusza²⁷ działania przeciwnika powietrznego zgodnie z oceną przeciwnika (edycja sytuacji naziemnej i powietrznej zgodnie z Instrukcją symulatora GAMBLER, tom I i II, AON 2004).
7. Przygotowanie M scenariuszy oddających istotę wariantów działań defensywnych (edycja sytuacji naziemnej i powietrznej zgodnie z Instrukcją symulatora GAMBLER, tom I i II, AON 2004).
8. Założenie dopuszczalnych, np. jednakowych dla wszystkich danych wyjściowych, **błędów procentowych - $\varepsilon\%$** i **poziomu ufności - α** ²⁸ oceny wartości przeciętnych strat zestawianych w kolumnie 4 tabeli 1.

Uwaga: trzeba podkreślić, że im mniejszy jest założony błąd oraz im mniejsza jest wartość - α , tym więcej pomiarów należy wykonać w serii eksperymentów symulacyjnych. Dla obliczeń przy użyciu symulatora GAMBLER wystarczające wydają się wartości α z przedziału (0.05-0.20).

Z kolei zbyt duża wartość założonego błędu może uniemożliwić wybór lepszego wariantu spośród tych, których oceny w świetle przyjętych kryteriów nie będą się różnić bardziej niż przyjęta tolerancja błędu.

9. Obliczenie potrzebnej liczby eksperymentów w serii dla poszczególnych wariantów:

- ✓ Przygotowujemy M tabel pomocniczych jak tabela 3.
- ✓ W celu obliczenia średnich strat po stronie przeciwnika i własnej w serii (kolumna 8 tabeli 3) wykonać kilka wstępnych symulacji każdego z wariantów (5-6) i zestawić wyniki tych symulacji w tabelach pomocniczych (kolumny 3-7, tabela 3). Jeśli jakikolwiek parametr uznany za wynik symulacji (tu straty) wykazuje znaczne odchylenie od swojej wartości średniej to należy liczbę symulacji zwiększyć np. do 12.

²⁷ Scenariusz – sytuacja wyjściowa do symulacji. Zawiera stan i położenie wyjściowe symulowanych obiektów i zasobów na moment rozpoczęcia symulacji (działań).

²⁸ Czyli prawdopodobieństwo, że popełnimy w oszacowaniu wartości przeciętnej danej wielkości wyjściowej błąd większy niż założony błąd pomiaru.

Symulacje wariantów wykonujemy bez interakcji systemów dowodzenia obroną powietrzną i ŚNP przeciwnika²⁹. w tym celu każdy symulowany obiekt powinien mieć postawione zdania.

- ✓ Obliczamy średnie straty w serii eksperymentów (kolumna 8, tabela 3) dla każdego typu obiektu lub środka (wiersza) jako średnie arytmetyczne z całej serii eksperymentów.

Np. dla pierwszej kategorii obiektów osłony na podstawie zależności:

$$Sob_1 = \sum_{i=1}^n \frac{sob_{1,i}}{E_N},$$

gdzie n - liczba eksperymentów w serii np. $n=5$

- ✓ Obliczamy wariancje strat serii eksperymentów dla każdej kategorii wymienionej w kolumnie 2 tabeli 3 (wyniki obliczeń zestawiamy w kolumnie 9, tabeli 3). Obliczenia prowadzimy według zależności:

$$Wob_1 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_1^n (Sob_1 - sob_{1,i})^2$$

$$Wob_2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_1^n (Sob_2 - sob_{2,i})^2$$

⋮

$$Wob_2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_1^n (Sob_2 - sob_{2,i})^2$$

gdzie n - liczba eksperymentów w serii np. $n=5$

- ✓ Dla każdej kategorii obiektów i środków walki (wymienionych kolumnie 2 tabeli 3) obliczamy potrzebną liczbę eksperymentów (kolumna 10 tabeli 3) według zależności:

²⁹ Takie podejście wydaje się uzasadnione, gdy weźmiemy pod uwagę, że zasadnicze treści wariantów (ugrupowanie aktywnych środków walki i środków rozpoznania, położenie MEZ, FAOR, podział wysiłku aktywnych środków walki na te kategorie) to elementy dowodzenia proceduralnego.

$$Eob_1 = \frac{10000 \cdot Wob_1}{(\varepsilon_{\%} \cdot Sob_1)^2 \cdot \alpha} + 1;$$

$$Eob_2 = \frac{10000 \cdot Wob_2}{(\varepsilon_{\%} \cdot Sob_2)^2 \cdot \alpha} + 1;$$

·

·

·

$$Epop_m = \frac{10000 \cdot Wpop_m}{(\varepsilon_{\%} \cdot Spop_m)^2 \cdot \alpha} + 1;$$

- ✓ Jako potrzebną liczbę eksperymentów – E_N dla oceny statystycznej wyników symulacji danego N – tego wariantu wybrać maksymalną wartość z kolumny 10 tabeli 3. Czyli:

$$E_N = \max\{Eob_1, \dots, Epop_m\}$$

Etap pomiaru wartości kryteriów

10. Przygotowujemy M tabel pomocniczych takich, jak tabela 4, przy czym tabela dla N -tego wariantu powinna posiadać E_N kolumn do zestawienia strat serii E_N eksperymentów symulacyjnych.
11. W celu obliczenia średnich strat po stronie przeciwnika i własnej w serii (kolumna 4 tabeli 1) wykonać potrzebną liczbę symulacji (obliczoną w pkt.8) każdego z wariantów (obliczoną w pkt.8) i zestawić wyniki tych symulacji w tabelach pomocniczych (kolumny 3 ÷ E_N+2 , tabela 4).

Etap opracowania wyników symulacji i dokonania oceny wariantów

12. Obliczamy średnie straty w serii eksperymentów (kolumna E_N+3 , tabela 4 i kolumna 4 tabeli 1) dla każdego typu obiektu lub środka (wiersza) jako średnie arytmetyczne z całej serii eksperymentów.

Np. dla N -tego wariantu i pierwszej kategorii obiektów osłony na podstawie zależności:

$$Sob_1 = \sum_{i=1}^{E_N} \frac{sob_{1,i}}{E_N},$$

gdzie E_N – potrzebna liczba eksperymentów w serii dla N -tego wariantu.

13. Obliczamy wariancje strat serii eksperymentów dla każdej kategorii wymienionej w kolumnie 2 tabeli 1 i 4 (wyniki obliczeń zestawiamy w kolumnie E_N+4 , tabeli 4 i kolumnie 5 tabeli 1). Obliczenia prowadzimy według zależności:

$$Wob_1 = \frac{1}{E_N - 1} \cdot \sum_1^{E_N} (Sob_1 - sob_{1,i})^2$$

$$Wob_2 = \frac{1}{E_N - 1} \cdot \sum_1^{E_N} (Sob_2 - sob_{2,i})^2$$

⋮

$$Wob_k = \frac{1}{E_N - 1} \cdot \sum_1^{E_N} (Sob_k - sob_{k,i})^2$$

14. Dla każdego wariantu obliczamy średnie straty wyrażone w jednostkach potencjału jako średnie arytmetyczne ważone korzystając z zależności:

$$S_{1,N} = \frac{Aob_1 \cdot Sob_1 + Aob_2 \cdot Sob_2 + \dots + Aob_k \cdot Sob_k}{Aob_1 + Aob_2 + \dots + Aob_k};$$

$$S_{2,N} = \frac{Aśnp_1 \cdot Sśnp_1 + Aśnp_2 \cdot Sśnp_2 + \dots + Aśnp_n \cdot Sśnp_n}{Aśnp_1 + Aśnp_2 + \dots + Aśnp_n};$$

$$S_{3,N} = \frac{Apop_1 \cdot Spop_1 + Apop_2 \cdot Spop_2 + \dots + Apop_m \cdot Spop_m}{Apop_1 + Apop_2 + \dots + Apop_m}.$$

Wyniki zestawiamy w kolumnie 7 tabeli 1.

15. Dla każdego wariantu obliczamy średnie ważone wariancje strat wyrażone w jednostkach potencjału jako średnie arytmetyczne ważone korzystając z zależności:

$$D_{1,N}^2 = \frac{Aob_1 \cdot Wob_1 + Aob_2 \cdot Wob_2 + \dots + Aob_k \cdot Wob_k}{Aob_1 + Aob_2 + \dots + Aob_k};$$

$$D_{2,N}^2 = \frac{Aśnp_1 \cdot Wśnp_1 + Aśnp_2 \cdot Wśnp_2 + \dots + Aśnp_n \cdot Wśnp_n}{Aśnp_1 + Aśnp_2 + \dots + Aśnp_n};$$

$$D_{3,N}^2 = \frac{Apop_1 \cdot Wpop_1 + Apop_2 \cdot Wpop_2 + \dots + Apop_m \cdot Wpop_m}{Apop_1 + Apop_2 + \dots + Apop_m}.$$

Wyniki zestawiamy w kolumnie 8 tabeli 1.

16. W celu obliczenia unormowanych wartości wyróżników kryterialnych efektywności realizujemy kolejno:

- ✓ Poszukujemy wartości maksymalnych ($S_{1,max}$, $S_{2,max}$, $S_{3,max}$) i minimalnych ($S_{1,min}$, $S_{2,min}$, $S_{3,min}$) dla odpowiednich kategorii średnich strat wyrażonych w jednostkach potencjału spośród wyników uzyskanych dla wszystkich M ocenianych wariantów, zgodnie z zależnościami:

$$S_{1,max} = \max \{S_{1,1}; S_{1,2}; \dots; S_{1,N}; \dots; S_{1,M}\};$$

$$S_{2,max} = \max \{S_{2,1}; S_{2,2}; \dots; S_{2,N}; \dots; S_{2,M}\};$$

$$S_{3,max} = \max \{S_{3,1}; S_{3,2}; \dots; S_{3,N}; \dots; S_{3,M}\};$$

$$S_{1,min} = \min \{S_{1,1}; S_{1,2}; \dots; S_{1,N}; \dots; S_{1,M}\};$$

$$S_{2,min} = \min \{S_{2,1}; S_{2,2}; \dots; S_{2,N}; \dots; S_{2,M}\};$$

$$S_{3,min} = \min \{S_{3,1}; S_{3,2}; \dots; S_{3,N}; \dots; S_{3,M}\}.$$

- ✓ Dokonujemy normowania wartości podstawowych wyróżników kryterialnych efektywności dla wszystkich M wariantów umieszczając wyniki we właściwych kolumnach tabeli 2. W ogólnym wypadku dla N -tego wariantu będą to kolumny 3+4(N-1) tabeli 2. Obliczenia dla N -tego wariantu realizujemy na podstawie zależności:

$$K_{1,N} = 1 - \frac{S_{1,N} - S_{1,\min}}{S_{1,\max} - S_{1,\min}};$$

$$K_{2,N} = \frac{S_{2,N} - S_{2,\min}}{S_{2,\max} - S_{2,\min}};$$

$$K_{3,N} = \frac{S_{3,N} - S_{3,\min}}{S_{3,\max} - S_{3,\min}}.$$

17. W celu obliczenia unormowanych wartości wyróżników kryterialnych ryzyka realizujemy kolejno:

- ✓ Poszukujemy wartości maksymalnych ($D^2_{1,\max}$, $D^2_{2,\max}$, $D^2_{3,\max}$) i minimalnych ($D^2_{1,\min}$, $D^2_{2,\min}$, $D^2_{3,\min}$) dla odpowiednich kategorii średnich wariancji strat wyrażonych w jednostkach potencjału (kolumny 8 tabel 1) spośród wyników uzyskanych dla wszystkich M ocenianych wariantów, zgodnie z zależnościami:

$$D^2_{1,\max} = \max \{D^2_{1,1}(S_{1,1}); D^2_{1,2}(S_{1,2}); \dots; D^2_{1,N}(S_{1,N}); \dots; D^2_{1,M}(S_{1,M})\};$$

$$D^2_{2,\max} = \max \{D^2_{2,1}(S_{2,1}); D^2_{2,2}(S_{2,2}); \dots; D^2_{2,N}(S_{2,N}); \dots; D^2_{2,M}(S_{2,M})\};$$

$$D^2_{3,\max} = \max \{D^2_{3,1}(S_{3,1}); D^2_{3,2}(S_{3,2}); \dots; D^2_{3,N}(S_{3,N}); \dots; D^2_{3,M}(S_{3,M})\};$$

$$D^2_{1,\min} = \min \{D^2_{1,1}(S_{1,1}); D^2_{1,2}(S_{1,2}); \dots; D^2_{1,N}(S_{1,N}); \dots; D^2_{1,M}(S_{1,M})\};$$

$$D^2_{2,\min} = \min \{D^2_{2,1}(S_{2,1}); D^2_{2,2}(S_{2,2}); \dots; D^2_{2,N}(S_{2,N}); \dots; D^2_{2,M}(S_{2,M})\};$$

$$D^2_{3,\min} = \min \{D^2_{3,1}(S_{3,1}); D^2_{3,2}(S_{3,2}); \dots; D^2_{3,N}(S_{3,N}); \dots; D^2_{3,M}(S_{3,M})\}.$$

- ✓ Dokonujemy normowania wartości podstawowych wyróżników kryterialnych **ryzyka** dla wszystkich M wariantów umieszczając wyniki we właściwych kolumnach tabeli 2. W ogólnym wypadku dla N -tego wariantu będą to kolumny 4+4(N-1) tabeli 2. Obliczenia dla N -tego wariantu realizujemy na podstawie zależności:

$$D^2_{1,N} = \frac{D^2_{1,N}(S_{1,N}) - D^2_{1,\min}}{D^2_{1,\max} - D^2_{1,\min}};$$

$$D^2_{2,N} = \frac{D^2_{2,N}(S_{2,N}) - D^2_{2,\min}}{D^2_{2,\max} - D^2_{2,\min}};$$

$$D^2_{3,N} = \frac{D^2_{3,N}(S_{3,N}) - D^2_{3,\max}}{D^2_{3,\max} - D^2_{3,\min}}.$$

18. Obliczamy dla wszystkich M wariantów wskaźniki efektywności. W ogólnym wypadku dla N -tego wariantu kalkulacji dokonujemy według zależności:

$$E_N = \frac{a_1 \cdot K_{1,N} + a_2 \cdot K_{2,N} - a_3 \cdot K_{3,N}}{a_1 + a_2 + a_3}.$$

Wyniki umieszczamy we właściwych kolumnach tabeli 2. W wypadku ogólnym, dla N -tego wariantu byłaby to kolumna $5+4(N-1)$ tabeli 2.

19. Obliczamy dla wszystkich M wariantów wskaźniki ryzyka. W ogólnym wypadku dla N -tego wariantu kalkulacji dokonujemy według zależności:

$$R_N = \frac{a_1 \cdot D^2_{1,N}(K_{1,N}) + a_2 \cdot D^2_{2,N}(K_{2,N}) + a_3 \cdot D^2_{3,N}(K_{3,N})}{a_1 + a_2 + a_3}.$$

Wyniki umieszczamy we właściwych kolumnach tabeli 2. W wypadku ogólnym, dla N -tego wariantu byłaby to kolumna $6+4(N-1)$ tabeli 2.

20. Dokonujemy wyboru najbardziej efektywnego wariantu z pośród najmniej ryzykownych, co kończy procedurę oceny. Określenie relacji pomiędzy kryteriami efektywności i ryzyka pozostawia się w gestii podmiotu oceny.

KONIEC PROCEDURY

W wypadku potrzeby uwzględnienia kryterium elastyczności, zgodnie z wcześniej przedstawioną ideą agregowania tego kryterium (patrz [17], podrozdział 4.1) powstaje konieczność dla każdego wariantu nalotu przeprowadzenia zasadniczych

części prezentowanego algorytmu postępowania z uwzględnieniem koniecznych zmian w etapie opracowania wyników.

Wartości wejściowe do obliczenia funkcji kryterium efektywności i ryzyka będą poszczególnymi zmiennymi wyjściowymi branymi pod uwagę jako wyniki symulacji prowadzonymi dla każdego wariantu i każdego kierunku nalotu. Wskaźniki efektywności i ryzyka będą obliczane jako średnie arytmetyczne ważone, gdzie wagami będą prawdopodobieństwa wykonania przez przeciwnika nalotu na danym kierunku (patrz zależności 3.1, 3.2 podrozdział 4.1, [17]).

Trzeba zaznaczyć, że wykonanie jednej symulacji wariantu w czasie nierzeczywistym (z maksymalnym przyspieszeniem) według scenariuszy opracowanych na potrzeby ćwiczeń w AON wahała się od kilkudziesięciu sekund do kilku minut, nie licząc czasu potrzebnego na przygotowanie scenariusza. Biorąc pod uwagę potrzebę przeprowadzenia podczas oceny dwóch wariantów około 30 pojedynczych symulacji i wliczając w to czas potrzebny na opracowanie wyników około 30 minut, jeśli czynność ta byłaby wspomagana prostym oprogramowaniem kalkulacyjnym, to mało realne stałoby się zastosowanie symulatora w dynamice planowania w czasie wojny.

Należy również spostrzec, że podczas oceny wariantów dokonywać można, niejako przy okazji, oceny formalnej wariantów, zwłaszcza w wielu aspektach jego wykonalności.

Pewnym udogodnieniem byłoby zapewne opracowanie opcji oprogramowania zarządzającego przebiegiem oceny, który pozwalałby na automatyczne określanie potrzebnej liczby eksperymentów, prowadził je i opracowywał wyniki oraz formułował oceny wariantów przy zadanych parametrach dokładności i poziomu ufności oceny. Wówczas rola użytkownika sprowadzałaby się jedynie do edycji własnych wariantów defensywnych użycia potencjału OP i ofensywnych – na podstawie oceny przeciwnika powietrznego, uruchomieniu omawianego oprogramowania i zapoznania się z rezultatami oceny.

3.2 Algorytm oceny wariantów w dynamice prowadzenia działań bojowych

Przedstawiona poniżej metoda oceny wariantów działań defensywnych sił powietrznych w deficycie czasu, jaki towarzyszy dynamice działań bojowych przeznaczona jest do oceny takich wariantów, których istota wskazuje na to, że będą się one różnić między sobą w sensie efektywności bojowej. Z reguły dotyczy to sytuacji, gdy są pożądane istotne zmiany ugrupowania bojowego potencjału sił powietrznych przeznaczonego do zadań defensywnych³⁰. W innych sytuacjach trzeba stosować indywidualnie dobrane do nich kryteria oceny [17].

Ocenę wariantów proponuje się prowadzić oddzielnie w aspekcie efektywności i ryzyka.

Ocena w kategoriach efektywności

Istota proponowanej metody oceny polega na swoistej analizie - wyodrębnieniu tych obszarów przestrzeni powietrznej, w których prawdopodobnie dojdzie do walki OP z ŚNP, oszacowaniu³¹ ich rezultatów i ocenie ich wpływu na realizację zadań uderzeniowych przez ŚNP.

Algorytm postępowania podczas procesu oceny wariantów można analogicznie jak poprzednio umownie podzielić na trzy etapy:

1. przygotowania danych – etap, którego czynności trzeba wykonać najlepiej jeszcze przed działaniami bojowymi, tak aby czas potrzebny na jego realizację nie obciążał kalkulacji czasu planowania obrony powietrznej w dynamice prowadzenia działań bojowych przez siły powietrzne;
2. pomiaru wartości kryteriów – polegający na przeprowadzeniu dla każdego wariantu oszacowań i kalkulacji oraz archiwizacji wyników;
3. opracowania wyników .

³⁰ Bardzo często w dynamice działań, nie można dokonywać znaczących zmian w ugrupowaniu OP. W takiej, wymuszonej sytuacji bardzo często rozważa się jeden wariant działań defensywnych.

³¹ Owo oszacowanie ma kluczowe znaczenie dla rzetelności oceny ogólnej efektywności wariantu, stąd koniecznym jest odpowiednie przygotowanie się do tej czynności w etapie wstępnym, poprzedzającym proces oceny.

W celu ułatwienia oceny efektywności jako ocenianego wariantu³² proponuje się zestawienie wyników postępowania w tabelach 5 i 6. Natomiast zestawienie ocen wszystkich rozważanych wariantów w tabeli 7. Proponowane wzory form omawianych tabel przedstawiono poniżej.

Z uwagi na deficyt czasu warunkiem koniecznym jest wykonanie zawczasu tabel w wersji arkuszy kalkulacyjnych.

³² W praktyce, ocenie poddaje się dwa, najwyżej trzy warianty działań defensywnych

Tabela 5

Zestawienie wyników analizy strat w potencjałach środków walki N -tego wariantu działań defensywnych sił powietrznych

	Typ środka	Współczynnik ważności środka	Straty						Sumaryczne straty	Średnie straty wyrażone w jednostkach potencjału bojowego
			MEZ-1		MEZ-K	FAOR-1	...	FAOR-M		
1	2	3	4		4+K	5+K	...	5+K+M	6+K+M	7+K+M
ŚNP	1	(np. Su-25)	$A \acute{s}np_1$						$S \acute{s}np_1$	$S_{2,N}$
	
	n	(np. BAL)	$A \acute{s}np_n$						$S \acute{s}np_n$	
Potencjał OP SP	1	(np. MiG-29A)	$A pop_1$						$S pop_1$	$S_{3,N}$
	2	(np. PZR S-300PMU1)	$A pop_2$						$S pop_2$	
	
	m	(np. PZR SA- 7)	$A pop_m$						$S pop_m$	

Tabela 6

Zestawienie wyników analizy strat w potencjale osłanianych obiektów N -tego wariantu działań defensywnych sił powietrznych

lp.	Typ obiektu osłony	Potencjał ŚNP desygnowany na obiekt osłony	Potencjał ŚNP desygnowany na obiekt po uwzględnieniu strat	Straty w obiektach [%] ³³	Współczynnik ważności obiektu	Straty wyrażone w jednostkach potencjału bojowego
1	2	3	4	5	6	7
Obiekty osłony	1	(np. 3. Baza lotnicza)		$S ob_1$	$A ob_1$	$S_{1,N}$
	2	(np. Port Gdynia)		$S ob_2$	$A ob_2$	
	
	k	(np. most w Tczewie)		$S ob_k$	$A ob_k$	

Tabela 7

Zestawienie wartości wyróżników kryterialnych i ocen efektywności 3 wariantów działań defensywnych sił powietrznych

³³ W wypadku strat w obiektach wygodnie jest operować skalą procentową utraty zdolności eksploatacyjnej (operacyjnej, rozmiar zniszczeń). W wypadku obiektów, dla których stopień porażenia podaje się czasem utraty zdolności operacyjnej (np. lotniska), abstrahując od ich współczynników ważności, można przyjąć straty jako procent utraty zdolności odniesiony do planowanego czasu trwania (działań).

	Indeks	Współczynniki wagowe wyróżników kryterialnych	Wariant I		Wariant II		Wariant III	
			Unormowane wartości wyróżników kryterialnych efektywności	Wskaźnik efektywności wariantu	Unormowane wartości wyróżników kryterialnych efektywności	Wskaźnik efektywności wariantu	Unormowane wartości wyróżników kryterialnych efektywności	Wskaźnik efektywności wariantu
	1	2	3	4	5	6	7	8
Obiekty osłony	1	a_1	$K_{1,I}$	E_I	$K_{1,II}$	E_{II}	$K_{1,III}$	E_{III}
ŚNP	2	a_2	$K_{2,I}$		$K_{2,II}$		$K_{2,III}$	
Potencjał OP SP	3	a_3	$K_{3,I}$		$K_{3,II}$		$K_{3,III}$	

POCZĄTEK PROCEDURY

Etap przygotowania danych

1. Przygotowanie (w okresie pokoju) bazy danych do oceny efektywności w formie tabel, monogramów lub wykresów dotyczących:

- ✓ zależności strat własnych od składu i wymiarów stref odpowiedzialności zgrupowań naziemnych środków obrony przeciwlotniczej (MEZ³⁴) dla różnych składów grup ŚNP przeznaczonych do walki z naziemnymi środkami OP (SEAD);
- ✓ zależności strat poniesionych przez ŚNP od składu i wymiarów MEZ dla różnych składów grup ŚNP przeznaczonych do walki z naziemnymi środkami OP (SEAD);
- ✓ zależności strat poniesionych przez ŚNP od składu i wymiarów MEZ dla różnych składów grup uderzeniowych (osłony myśliwskiej) ŚNP;
- ✓ zależności strat własnych od składu i różnych możliwości potęgowania wysiłku w FAOR oraz jego wymiarów dla różnych składów grup ŚNP przeznaczonych do walki z myśliwcami OP (SWEEP³⁵, ESCORT³⁶);
- ✓ zależności strat ŚNP od składu i różnych możliwości potęgowania wysiłku w w strefach odpowiedzialności lotnictwa myśliwskiego (FAOR³⁷) oraz jego wymiarów dla różnych składów grup ŚNP przeznaczonych do walki z myśliwcami OP (SWEEP, ESCORT);
- ✓ zależności strat ŚNP od składu i różnych możliwości potęgowania wysiłku w FAOR oraz jego wymiarów dla różnych składów pozostałych grup ŚNP.

Kalkulacje wykonać dla różnych wariantów zabezpieczenia działań bojowych (AWACS, możliwości tankowania w powietrzu, środki walki elektronicznej).

³⁴ MEZ - Missile Engagement Zone

³⁵ Podgrupa taktycznego przeznaczenia lotnictwa myśliwskiego, stosująca „taktykę wymiatania”.

³⁶ Podgrupa taktycznego przeznaczenia lotnictwa myśliwskiego, stosująca „taktykę towarzyszenia”.

³⁷ FAOR – Fighter Area of Responsibility

W tym celu można przeprowadzić cykl badań z wykorzystaniem np. symulatora GAMBLER, lub dokonać obliczeń metodami kalkulacyjnymi. Opisy tych metod można odnaleźć w pozycjach [15],[16],[25],[26],[35],[36],[37],[40],[41],[42].

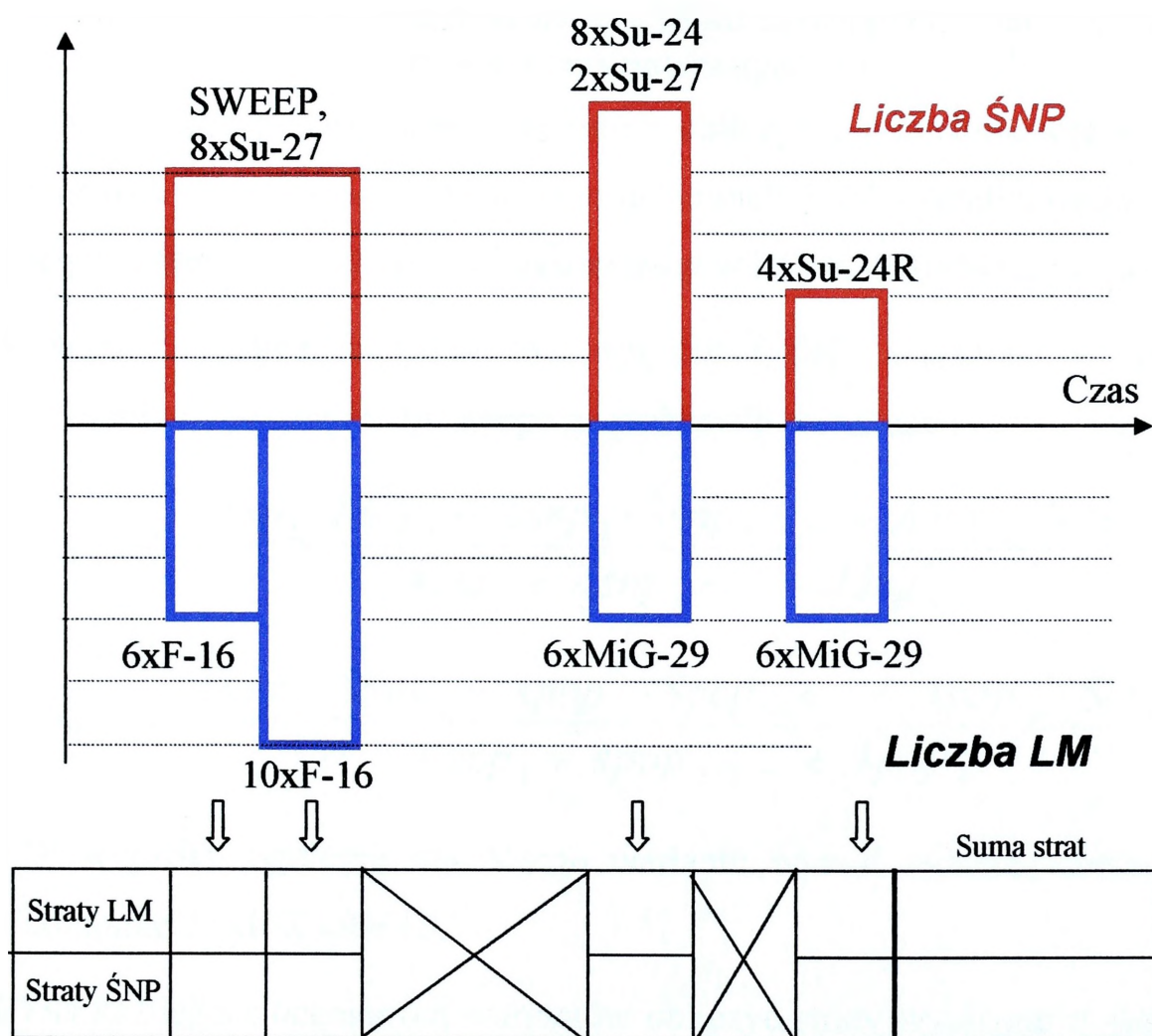
2. Przygotowanie dla każdego wariantu potrzebnej liczby tabel pozwalających na zestawienie parametrów oceny tabela 5, 6 i tabeli 7.
3. Określenie współczynników ważności podstawowych wyróżników kryterialnych efektywności a_1, a_2, a_3 (tabela 7, kolumna 2), jednakowych dla wszystkich wariantów. O wartości tych współczynników zdecydować metodami heurystycznymi (np. ekspercką).
4. Wspecyfikowanie rodzaju danych wejściowych procedury oceny – wypełnienie kolumny 2 tabel 6 i 7 na podstawie identyfikatorów stron i wniosków z analizy zadania.
5. Określenie współczynników ważności obiektów osłony $A ob_1 \dots A ob_k$ (tabela 6, kolumna 5), jednakowych dla wszystkich wariantów. Dla k -obiektów osłony zdecydować o wartości tych współczynników metodą ekspercką stosując zasadę, im ważniejszy obiekt osłony tym większy współczynnik wagowy tego obiektu. Współczynniki mogą być dowolnymi liczbami rzeczywistymi dodatnimi.
6. Określenie współczynników ważności (wartości bojowej) ŚNP i własnych środków OP $SP A śnp_1 \dots A śnp_n$ oraz $A pop_1 \dots A pop_m$ (tabela 5, kolumna 3). Dla n -typów ŚNP i m -typów środków OP zdecydować o wartości tych współczynników np. metodami heurystycznymi (ekspercką) stosując zasadę, im ważniejszy środek tym większy jego współczynnik wagowy, przy czym zachować te same relacje pomiędzy oceną wartości ŚNP i własnych środków OP. Alternatywnie można wykorzystać idee metod opisanych w pozycjach [7],[8], [31].

Współczynniki te mogą być dowolnymi liczbami rzeczywistymi dodatnimi.

Etap pomiaru

7. Dla każdego z ocenianych wariantów dokonać konfrontacji modelu nalotu ŚNP z wariantami OP. W wyniku tego zidentyfikować obszary starć powietrznych (FAOR, MEZ) i ocenić w każdym z tych obszarów warunki tych starć. Na tej podstawie posługując się zawczasu przygotowaną bazą danych oszacować oczekiwane rezultaty w postaci strat własnych w środkach OP i strat przeciwnika (ŚNP).

Np. podczas oceny efektów walki LM w FAOR istotnym jest uwzględnienie możliwości potęgowania wysiłku w tej strefie przez własne lotnictwo. W tym celu dla każdego planowanego FAOR można wykonać analizę rozwoju sytuacji w czasie prognozowanego nalotu w kategoriach ilościowych. Ideę takiej analizy przedstawiono na rys. 3.1. [17]



Rys.3.1. Idea analizy rezultatów działań w FAOR

Opracowanie własne na podstawie [17].

W ogólnym wypadku wyniki oszacowań dla N -tego wariantu K MEZ-ów i M FAOR-ów zarchiwizować w tabeli 5, w odpowiednich kolumnach od 4 do $4+K+M$.

8. Dla każdego z ocenianych wariantów oszacować jakie składy grup uderzeniowych dotrą ewentualnie do rubieży wykonania zadania wyznaczonej dla poszczególnych obiektów osłony. Znajomość norm taktycznych – potrzebnych liczb samolotów uderzeniowych do wykonania uderzeń na poszczególne obiekty i wyniki analizy mogą być podstawą do oszacowania strat w konkretnych obiektach osłony metodą ekspercką. Wyniki oszacowań dla N -tego wariantu zestawić w kolumnach 3,4 i 5 tabeli 6.

Etap opracowania wyników

(w wypadku tabel w formie arkusza kalkulacyjnego etap ten może być zrealizowany automatycznie)

9. Dla każdego z ocenianych wariantów obliczyć sumaryczne straty w ŚNP i środkach OP sumując straty w wierszach tabeli 5. W wypadku ogólnym dla N -tego wariantu wyniki obliczeń zestawiamy w kolumnie $6+M+K$ tabeli 5.
10. Obliczyć średnie straty w środkach OP i ŚNP wyrażone w umownych jednostkach potencjału bojowego na podstawie zależności:

$$S_{2,N} = \frac{A_{\acute{s}np_1} \cdot S_{\acute{s}np_1} + A_{\acute{s}np_2} \cdot S_{\acute{s}np_2} + \dots + A_{\acute{s}np_n} \cdot S_{\acute{s}np_n}}{A_{\acute{s}np_1} + A_{\acute{s}np_2} + \dots + A_{\acute{s}np_n}};$$

$$S_{3,N} = \frac{A_{pop_1} \cdot S_{pop_1} + A_{pop_2} \cdot S_{pop_2} + \dots + A_{pop_m} \cdot S_{pop_m}}{A_{pop_1} + A_{pop_2} + \dots + A_{pop_m}}.$$

W wypadku ogólnym dla N -tego wariantu wyniki obliczeń zestawiamy w kolumnie $7+M+K$ tabeli 5.

11. Dla każdego z ocenianych wariantów obliczyć straty wyrażone w jednostkach potencjału bojowego na podstawie zależności:

$$S_{1,N} = \frac{Aob_1 \cdot Sob_1 + Aob_2 \cdot Sob_2 + \dots + Aob_k \cdot Sob_k}{Aob_1 + Aob_2 + \dots + Aob_k}$$

W wypadku ogólnym dla N -tego wariantu wyniki obliczeń zestawiamy w kolumnie 7 tabeli 6.

12. W celu obliczenia unormowanych wartości wyróżników kryterialnych efektywności realizujemy kolejno:

- ✓ Poszukujemy wartości maksymalnych ($S_{1,max}$, $S_{2,max}$, $S_{3,max}$) i minimalnych ($S_{1,min}$, $S_{2,min}$, $S_{3,min}$) dla odpowiednich kategorii średnich strat wyrażonych w jednostkach potencjału spośród wyników uzyskanych dla wszystkich 3 ocenianych wariantów, zgodnie z zależnościami:

$$S_{1,max} = \max \{S_{1,1}; S_{1,2}; S_{1,3}\};$$

$$S_{2,max} = \max \{S_{2,1}; S_{2,2}; S_{2,3}\};$$

$$S_{3,max} = \max \{S_{3,1}; S_{3,2}; S_{3,3}\};$$

$$S_{1,min} = \min \{S_{1,1}; S_{1,2}; S_{1,3}\};$$

$$S_{2,min} = \min \{S_{2,1}; S_{2,2}; S_{2,3}\};$$

$$S_{3,min} = \min \{S_{3,1}; S_{3,2}; S_{3,3}\}.$$

- ✓ Dokonujemy normowania wartości podstawowych wyróżników kryterialnych efektywności dla wszystkich 3 wariantów umieszczając wyniki we właściwych kolumnach tabeli 7. Obliczenia dla N -tego wariantu realizujemy na podstawie zależności:

$$K_{1,N} = 1 - \frac{S_{1,N} - S_{1,min}}{S_{1,max} - S_{1,min}};$$

$$K_{2,N} = \frac{S_{2,N} - S_{2,min}}{S_{2,max} - S_{2,min}};$$

$$K_{3,N} = \frac{S_{3,N} - S_{3,\min}}{S_{3,\max} - S_{3,\min}}.$$

13. Obliczamy dla wszystkich 3 wariantów wskaźniki efektywności. W ogólnym wypadku dla N -tego wariantu kalkulacji dokonujemy według zależności:

$$E_N = \frac{a_1 \cdot K_{1,N} + a_2 \cdot K_{2,N} - a_3 \cdot K_{3,N}}{a_1 + a_2 + a_3}.$$

Wyniki umieszczamy we właściwych kolumnach tabeli 7.

14. Dokonujemy wyboru najbardziej efektywnego wariantu.

KONIEC PROCEDURY

Zastosowanie narzędzi wspomagających obliczenia powoduje znaczną oszczędność czasu. Podczas planowania działań defensywnych oceniający potrzebują jedynie czas na zrealizowanie etapu pomiaru.

Ocena w kategoriach ryzyka

Ryzyko w interpretacji przyjętej w poprzednim podrozdziale jest bardzo trudne do określenia innymi metodami niż statystyczne. Pamiętać jednakże trzeba, że **największy rozrzut, a więc i ryzyko wyników walki występuje w sytuacjach, gdy obie strony dysponują zbliżonym potencjałem (posiadają równe szanse zwycięstwa – wariancja rozkładu Bernoulliego jest wówczas największa).** W identyfikowaniu ryzyka jako miary rozrzutu, trzeba zatem określić, w którym wariancie takie sytuacje występują częściej lub, w którym z wariantów sytuacje starć zbrojnych są bliższe równowagi szans. Oczywiście trzeba także uwzględnić, jakie siły będą potencjalnie brać w tych starciach udział. Wielkość tych sił może być naturalnym współczynnikiem ważności poszczególnych starć.

Sposób analizowania sytuacji pod kątem oceny ryzyka z wykorzystaniem podanej wyżej zasady przedstawiony został na prostym przykładzie taktycznym [17] będący treścią załącznika 1.

ZAKOŃCZENIE

Podjęta próba osiągnięcia założonych celów III etapu badań została w odczuciu autora zakończona powodzeniem, choć ma on świadomość potrzeby kontynuowania badań nad problematyką oceny wariantów działań defensywnych sił powietrznych dokonywaną na taktycznych szczeblach dowodzenia (COP/CAOC).

W opracowaniu zostały zaprezentowane metody oceny wariantów w warunkach mniej ostrych ograniczeń czasowych towarzyszących okresowi narastania kryzysu oraz w deficycie czasu jaki towarzyszy planowaniu obrony powietrznej w dynamice prowadzenia działań bojowych. Są one syntezą dotychczas prowadzonych badań. Ich idea polega na posłużeniu się komplementarną parą kryteriów głównych za jakie uznano efektywność i ryzyko. Oczywiście potrzeby wyrażania kryteriów w kategoriach liczbowych i konieczność, w związku z tym pokonania problemów mierzalności kryteriów, stanowiło zasadniczy warunek poszukiwań zmierzających do opracowania i uzasadnienia względnie trwałego i spójnego zbioru kryteriów oceny defensywnych wariantów użycia SP (II etap badań). W wyniku przeprowadzonych analiz potwierdzono hipotezę co do zasadności przyjmowania kryteriów efektywności i ryzyka, które w ocenach prospektywnych stanowią komplementarną parę kryteriów, jako spełnienie ogólnego postulatu efektywności statystycznej kryteriów. Ponadto efektywność jako kryterium główne, agreguje wiele innych kryteriów oceny stosowanych dotychczas, w tym także elastyczność, spełniając tym samym potrzebę minimalizowania liczby kryteriów, co jest szczególnie pożądane podczas ocen formułowanych w deficycie czasu, gdzie czynnik intuicji ma z konieczności swój duży udział.

Propozycja interpretowania ryzyka na taktycznych szczeblach dowodzenia jako miary rozrzutu zmiennej losowej (wyróżników kryterialnych efektywności (np. strat, oczekiwanej liczby obronionych obiektów przed uderzeniami ŚNP) wydaje się być uzasadnionym pomysłem, co przy dobrze opracowanej teorii pomiaru owego rozrzutu, będącej dorobkiem statystyki matematycznej, czyni z owego kryterium ważny element oceny.

Trzeba podkreślić, że wykorzystanie symulatora, w tym symulatora GAMBLER do oceny rezultatów symulowanych działań powietrznych stron jest nową jakością w sferze oceny efektywności. Nakłada to obowiązek opracowania statystycznego wyników, których stopień złożoności obliczeniowej ma pomijalnie małe znaczenie w porównaniu z koniecznością realizacji całych serii symulacji. Ponadto zakładane dopuszczalne błędy dają świadomość tylko popełnianych błędów przypadkowych. Błędy systematyczne symulatora z oczywistych względów niedostępności wzorca do celów identyfikacji zastosowanych w nim modeli matematycznych są nieznane. Tym niemniej można przypuszczać, że są i tak znacznie mniejsze niż te jakie mogą być popełniane w ocenach eksperckich.

Autor ma nadzieję, że zaproponowane rozwiązania metod oceny wypełniają istniejącą lukę w dziedzinie oceny wariantów działań defensywnych SP. Sposób podejścia oraz dualne kryteria mogą być wykorzystane w opracowaniu metod oceny ofensywnych wariantów działań bojowych, choć specyfika ich planowania znacznie odbiega od planowania działań defensywnych.

Oceny możliwości praktycznego wykorzystania wyników tego etapu badań ujawniają potrzebę i możliwość opracowania pewnego zbioru aplikacji komputerowych, o charakterze kalkulacyjnym, upraszczającego obliczanie wskaźników zwłaszcza skuteczności, ryzyka oraz funkcji decyzyjnej. Ułatwiłoby to niewątpliwie przygotowanie danych do oceny na ćwiczeniach dowódczo-sztabowych realizowanych w AON i SP RP, gdyż czynności te zabierają sporo czasu, a polegają w istocie na żmudnych obliczeniach.

BIBLIOGRAFIA

1. Barczak A., Komputerowa gra wojenna ogólnowojskowego związku taktycznego, Zeszyty Naukowe ASG 1984, nr 7, dodatek.
2. Błaszczyk J., Metoda analizy porównawczej samolotów, Przegląd WLiOP, 9/1997, s.56-63.
3. Błaszczyk J., Analiza porównawcza manewrowości samolotów Mikojana, Przegląd WLiOP 1997, nr 10, s.71-83.
4. Ciechanowicz M. Ważniejsze modele procesów walki ogólnowojskowej, ASG 1965.
5. Flanek Cz., Metodologia oceny efektywności wykorzystania sił i środków w systemie OPL wojsk operacyjnych, ASG 1977.
6. Flanek Cz., Wspomaganie dowodzenia w systemie OPL wojsk operacyjnych, Rozprawa habilitacyjna, AON, Warszawa 1991.
7. Ficoń K., Symulacyjne modelowanie potencjału bojowego okrętowych sił morskich państw nadbałtyckich w aspekcie prognozowania obronnego, Rozprawa habilitacyjna, Zeszyty Naukowe AMW, Gdynia 1995.
8. Folcik Z., Podstawy metodologiczne teorii efektywności bojowej, ASG, 1964.
9. Faure R., Boss J.-P., Le Garff A., Badania operacyjne, PWN 1982.
10. Grzelka A., Pieciukiewicz T., Opracowanie metod, algorytmów i procedur programowych oceny możliwości pokonania SOP przez ŚNP przeciwnika, AON, Warszawa 1993.
11. Jarmakow S.M. Metoda Monte Carlo i zagadnienia pokrewne, PWM 1976.
12. Kulczycki R., Modelowanie działań bojowych lotnictwa oraz wojsk w systemie OPK. STANDARD, ASG 1987.
13. Kulczycki R., Podstawy modelowania działań bojowych lotnictwa oraz wojsk w systemie obrony powietrznej, cz. II, ASG, Warszawa 1985.
14. Kuriata R., Halama A., Rozwiązywanie problemów obrony powietrznej z wykorzystaniem techniki mikrokomputerowej, AON 1998.
15. Kręcikij J., Rozważanie wariantów działań metodą symulacji, AON 1999.

16. Makowski P., Ocena defensywnych wariantów działań bojowych na taktycznych szczeblach dowodzenia sił powietrznych, Etap I – Stan obecny, AON 2003.
17. Makowski P., Ocena defensywnych wariantów działań bojowych na taktycznych szczeblach dowodzenia sił powietrznych, Etap II – Kryteria oceny, AON 2004
18. Makowski P., Marud W., Kryteria oceny efektywności planowanych wariantów użycia lotnictwa uderzeniowego, AON 2001.
19. Makowski P., Prospektywna ocena efektywności użycia lotnictwa uderzeniowego w walce o przewagę w powietrzu, AON 2001.
20. Makowski P., Wspomaganie komputerowe oceny rezultatów grupowych walk powietrznych, Studium taktyczne, AON 1998.
21. Marszałek M., Metoda określania możliwości bojowych wojsk obrony powietrznej, Rozprawa doktorska, AON, 2000.
22. Marszałek M., Radomyski A., Metodyka pracy zespołów funkcyjnych na stanowisku dowodzenia brygady raketowej sił powietrznych, AON 2002.
23. Obroniecki T., Określanie ilościowo-jakościowego stosunku sił obrony przeciwlotniczej do środków napadu powietrznego oraz jego wykorzystanie na szczeblu operacyjnym, Rozprawa doktorska, ASG 1983.
24. Pieciukiewicz T., Grzelka A., Zastosowanie mikrokomputerów serii IBM PC do oceny prawdopodobieństwa pokonania systemu OPL, AON 1992.
25. Pokonywanie obrony przeciwlotniczej nieprzyjaciela przez lotnictwo frontowe, Wyd. Sztab. Gen. DWL 1978.
26. Ruta R., Mazurkiewicz A., Modelowanie symulacyjne systemów eksploatacji, Międzyresortowe Centrum Naukowe Eksploatacji Majątku Trwałego, Radom 1991.
27. Sienkiewicz P., Metodologiczne podstawy oceny potencjałów i efektywności bojowej systemów wojskowych, AON, 1992.
28. Sienkiewicz P., Wartości, oceny i efektywność systemów Zeszyty Naukowe, AON 1994, nr.4(17).

29. Stankiewicz W., Oleksyn L., Potencjał wojskowo-ekonomiczny, Zeszyty Naukowe AON 1995, nr 4(21).
30. Strzoda M., Trembecki J., Ocena wariantów działania, AON 1999.
31. Tarczyński W., Mojsiejewicz M., Zarządzanie ryzykiem, PWE 2001.
32. Wróblewski M., Szacowanie potencjału bojowego wojskowych statków powietrznych, Przegląd WLiOP 1999, nr 7, s.19-27.
33. Wust P., Niepewność i ryzyko, PWN
34. Zabłocki E., Adamczyk A., Metoda oceny efektywności wykorzystania LM KOPK, Rozprawa doktorska, ASG WP 1978.
35. Zabłocki E., Antczak S., Ocena efektywności działań bojowych Wojsk Obrony Powietrznej Kraju, Rozprawa habilitacyjna, Zeszyty Naukowe ASG 1985.
36. Zajas S. i zespół: Podstawy użycia rodzajów wojsk sił powietrznych, AON 1999.
37. Zajas S., Pieciukiewicz T., Kozub M., Gruszczyński J., Nowak J., Cieślak E., Wybrane problemy użycia sił powietrznych NATO, DWLOP, 1998.

Przykład taktyczny oceny ryzyka

Założmy, że z oceny przeciwnika powietrznego wynikają następujące wnioski:

- ✓ przedmiotem uderzeń eskadry samolotów (np. 12xSu-24M) są dwa obiekty **A** i **B**, jednakowo ważne.
- ✓ Na obiekt **A** ma wykonać uderzenie podgrupa w składzie 4xSu-24M, a na obiekt **B** 8xSu-24M.

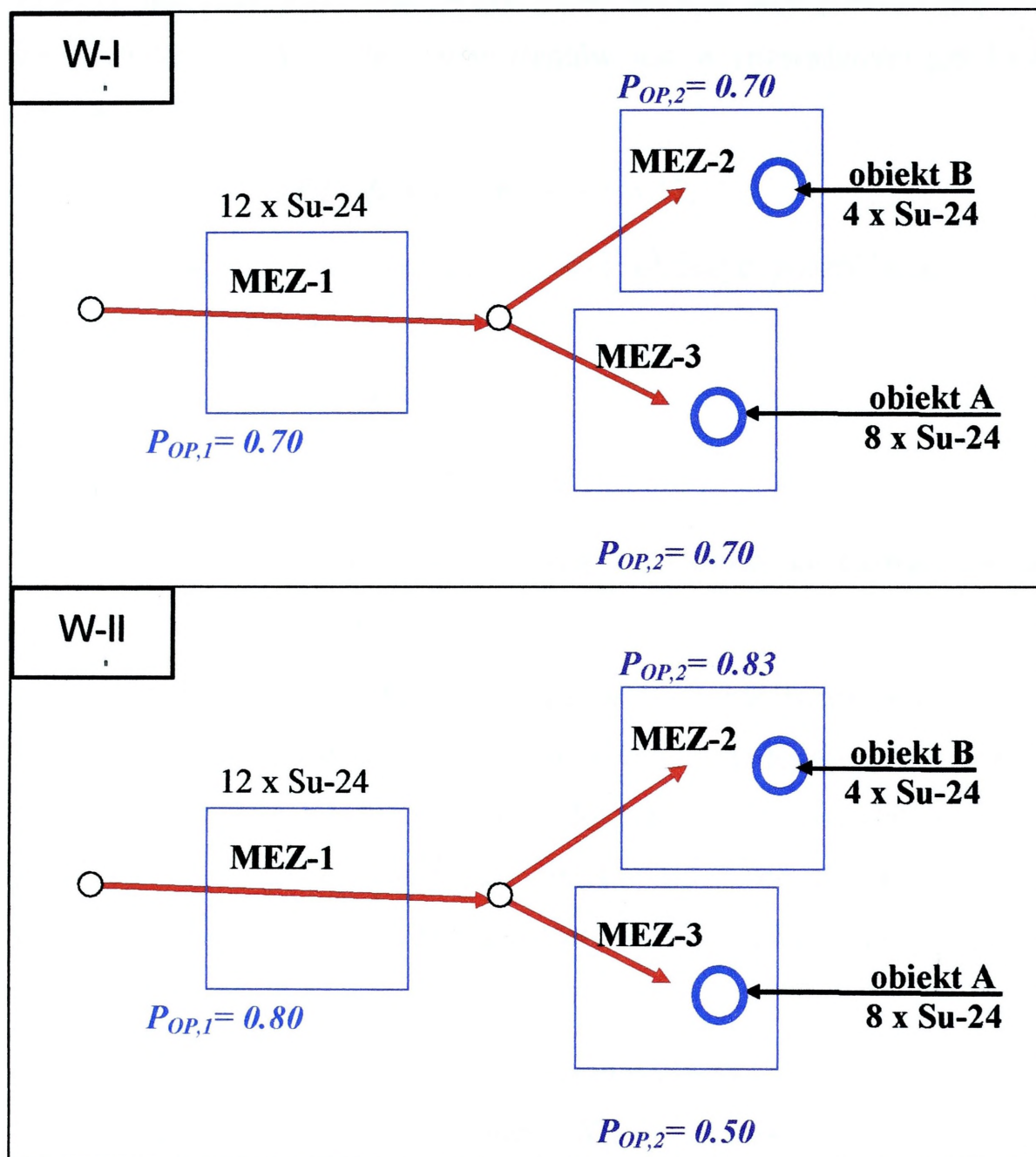
Rozważane są dwa warianty OP (W-I i W-II). W każdym z nich utworzone są trzy zgrupowania WR SP, tworzące MEZ. Czynnikiem wariantowania był skład poszczególnych zgrupowań. W wariacie W-I skład wszystkich MEZ jest jednakowy, a w W-II zróżnicowany.

Dla każdego wariantu można wyodrębnić dwa etapy wykonania zadania istotne z punktu widzenia efektywności OP. Dla uproszczenia rozważań, niech to będą tylko takie etapy, jak wymienione poniżej:

- ✓ oddziaływanie na ŚNP podczas dolotu do obiektu uderzenia;
- ✓ oddziaływanie na ŚNP podczas bezpośredniej osłony przeciwlotniczej obiektu.

Założmy, że dokonana analiza efektywności podczas oceny przeciwnika pozwoliła określić prawdopodobieństwa pokonania systemu obrony powietrznej (OP) przeciwnika na każdym z tych etapów dla każdego z wariantów. Uzyskane wyniki kalkulacji np. przy pomocy programu kalkulacyjnego znanego pod kryptonimem „Przenikanie”³⁸ pozwalają oszacować prawdopodobieństwa pokonania OP przez przeciwnika na każdym z etapów i są dla ocenianych wariantów takie jak ilustruje to rys.1.z1.

³⁸ Program kalkulacyjny wykorzystywany w procesie kształcenia w Wydziale Lotnictwa i OP.



Rys. 1.z1. Przykładowe warianty OP obiektów

Zatem dla każdej grupy taktycznego przeznaczenia możemy określić całkowite prawdopodobieństwo pokonania systemu OP, jako iloczyn prawdopodobieństw pokonania systemu OP na każdym z etapów (traktując zmienne losowe jako niezależne). Pozwala to oszacować zarówno oczekiwane straty jak i wariancje dla każdego z wariantów.

Łatwo zauważyć, że przeciętna (oczekiwana) wartość strat poniesionych przez przeciwnika powietrznego $E(S)$ dla obu wariantów jest w rozważanym przykładzie jednakowa i wynosi:

$$E(S) = E(S)_{W-I} = E(S)_{W-II} = 6.12,$$

ponieważ odpowiednio dla obu wariantów można obliczyć poszukiwane wartości oczekiwanych strat następująco:

$$E(S)_{W-I} = 12 \cdot (1 - 0.70 \cdot 0.70) = 6.12;$$

$$E(S)_{W-II} = 4 \cdot (1 - 0.80 \cdot 0.83) + 8 \cdot (1 - 0.80 \cdot 0.50) = 6.12.$$

Warianty są zatem **równoważne** według **kryterium oczekiwanych strat** zadanych przeciwnikowi powietrznemu.

A jak jest w aspekcie ryzyka? W wariacie W-I przeciwnik powietrzny ma jednakowe szanse dotarcia do obu obiektów. Szanse te dla każdej grupy uderzeniowej ŚNP łatwo ocenić jako bliskie 50% (bo dla każdej z nich $P_{OP,I} \cdot P_{OP,I} = 0.7 \cdot 0.7 = 0.49$). Mamy tu do czynienia z sytuacją niezwykle **ryzykowną** w świetle **sformułowanej zasady**, choć istnieją szanse osłony obu obiektów to niemal równie prawdopodobna jest ich utrata.

W wariacie W-II skupiono wysiłek na osłonie obiektu A, kosztem osłabienia osłony obiektu B. W porównaniu z wariantem W-I, w ocenianym wariacie grupa ŚNP uderzająca na obiekt A ma nieco mniejsze szanse dotarcia do tego obiektu niż 50%, a grupa uderzeniowa przeznaczona na obiekt B z kolei większe szanse niż 50%.

Wynika stąd, że wariant W-II jest mniej ryzykowny niż W-I przy tej samej oczekiwanej efektywności. W tej sytuacji biorąc pod uwagę postulat minimalizacji ryzyka na taktycznych szczeblach dowodzenia, wybrany do realizacji powinien być wariant drugi (W-II).

Potwierdza to analiza matematyczna. Zakładając, że pokonanie systemu OP podlega rozkładowi dwumianowemu Bernoulliego³⁹ nietrudno dla każdego i - tego wariantu określić wariancję $D^2(S)_i$, korzystając z zależności:

$$D^2(S)_i = N_i \cdot P_{OP,i} \cdot (1 - P_{OP,i})$$

gdzie:

N_i – liczba samolotów pokonujących OP w i -tym wariacie;

$P_{op, i}$ – prawdopodobieństwo pokonania systemu OP przeciwnika w i -tym wariacie.

Ponadto z własności wariancji wynika, że wariancja sumy dwóch zmiennych losowych jest równa sumie wariancji każdej z nich. Zzatem możemy w wypadku drugiego wariantu zsumować wariancje towarzyszące uderzeniu na każdy z obiektów (A, B).

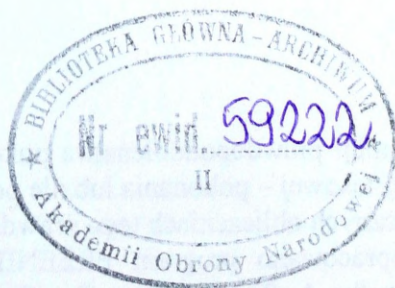
Korzystając z powyższych zależności dla przyjętych wariantów otrzymujemy:

$$D^2(S)_{W-I} = 12 \cdot [0.70 \cdot 0.70 \cdot (1 - 0.70 \cdot 0.70)] = 3.00;$$

$$D^2(S)_{W-II} = 4 \cdot [0.80 \cdot 0.83 \cdot (1 - 0.80 \cdot 0.83)] + 8 \cdot [0.80 \cdot 0.50 \cdot (1 - 0.80 \cdot 0.50)] = 2.81.$$

Wynika stąd, że **wariant drugi jest mniej ryzykowny niż pierwszy w świetle przyjętego kryterium**, co potwierdza wyniki analizy heurystycznej dokonanej poprzednio.

³⁹ Wynika to poniekąd z definicji prawdopodobieństwa pokonania OP przeciwnika, czyli rozważania dwóch przeciwnych realizacji zmiennej losowej – pokonania lub nie pokonania OP. Częstym przybliżeniem tego rozkładu, wykorzystywanym w praktycznych obliczeniach tego prawdopodobieństwa, jest rozkład Poissona. Np. w metodzie, na podstawie której opracowano program PRZENIKANIE, (metoda wykorzystuje ponadto założenia teorii masowej obsługi). Grzelka A. Pieciukiewicz T., Opracowanie metod, algorytmów i procedur programowych oceny możliwości pokonania SOP przez ŚNP przeciwnika, AON 1993.



S/6371
7,10