

R

G

B

WH

GR

BL

Grey Scale #13

C

M

Y

K

DANES-PICTA.COM

A

1

2

3

4

5

6

M

8

9

10

11

12

13

14

15

B

17

18

19

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ

Płk dr hab. inż. Bogdan ZDRODOWSKI
Por. dr inż. Jan ZYCH

MODEL DZIAŁAŃ POWIETRZNYCH

Etap I

MODEL TAKTYCZNYCH DZIAŁAŃ POWIETRZNYCH

4.25.1.0

~~Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej~~

~~S/5101~~



~~05-005101-003-0~~

WARSZAWA

65193

2002



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ
WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ

płk dr hab. inż. Bogdan Zrodowski

por. dr inż. Jan Zych

MODEL TAKTYCZNYCH DZIAŁAŃ POWIETRZNYCH

4.25.1.0

Warszawa



2002

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ
WYDZIAŁ FOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ

prof. dr inż. Bogdan Zdobowski
por. dr inż. Jan Zych

MODEL TAKTYCZNYCH DZIAŁAŃ POWIETRZNYCH

4.32.1.0



2002

Warszawa

Opracowanie recenzowane przez: prof. nzw. dr hab. Zbigniewa Groszka

1. Wstęp	4
2. Wprowadzenie	7
3. Zakresy problemowe i metody badawcze	18
4. Problemy teoretyczne i organizacyjne	23
5. Procedura badania	36
6. Zastosowanie metody	42
7. Wyniki badań i ich analiza	47
8. Podsumowanie	51
8.1. Ocena wyników	53
8.2. Zakończenie	61
8.3. Odniesienia do innych badań	63
9. Uwagi i wnioski	69
10. Podsumowanie	71
11. Bibliografia	82
Załączniki	90
Spis treści	93

Spis treści

Wstęp.....	4
1. Stan wiedzy o modelowaniu działań powietrznych.....	7
2. Ujęcie celu, problemów i zadań badawczych.....	10
3. Zastosowane podejście i metody badawcze	18
4. Przyjęte założenia i ograniczenia modelu	25
5. Procedura badawcza	36
6. Zastosowany język modelowania	42
7. Przyjęte podejście modelowania	47
8. Budowa modelu.....	51
8.1. Obiekty elementarne.....	53
8.2. Zakres decyzyjny.....	61
8.3. Odzwierciedlane stany i zdarzenia.....	63
9. Ubywanie zasobów w grze	69
10. Funkcjonowanie modelu.....	71
11. Zastosowanie modelu	82
Zakończenie.....	90
Bibliografia.....	93

Wstęp

Dotychczas stosowane metody kształcenia, szkolenia i poznania związane z działaniami powietrznymi, z racji ograniczeń narzędziowych, pozwalały w zdecydowanej większości na ujęcie cząstkowe występujących tam zjawisk, dotyczyły bowiem tylko poszczególnych elementów tam występujących i nie zawsze uwzględniały wzajemne oddziaływania. Również praktyka szkoleniowa wojsk wskazuje, że stosowane aktualnie w naszych siłach zbrojnych metody wspomagające dowódców i sztaby w procesie podejmowania decyzji (głównie w aspekcie jego racjonalizacji i optymalizacji), wydają się być mało efektywne.

Brak możliwości prowadzenia badań, kształcenia i szkolenia na systemach rzeczywistych znacznie komplikuje poznanie systemów walki w ogóle, a w wymiarze powietrznym w szczególności. Sytuacja ta powoduje, że coraz częściej sięga się po nowoczesne rozwiązania jaką dostarcza symulacja komputerowa. Znajduje ona współcześnie szerokie zastosowanie do rozwiązywania złożonych problemów wojskowych, w tym także w armiach państw NATO. Wyrazem tej tendencji jest obowiązek prowadzenia wszystkich ćwiczeń w NATO z wykorzystaniem symulacyjnych modeli walki.

Symulacyjne metody growe, osadzone na nowoczesnym sprzęcie komputerowym pozwalają na efektywne rozwiązywanie wymienionych problemów taniej, lepiej i efektywniej. Komputerowe growe modele symulacyjne umożliwiają przede wszystkim: wszechstronną analizę rozgrywania wielu wariantów decyzji i wybór wariantu najlepszego w

konkretnej sytuacji operacyjno-taktycznej (co jest istotą procesu decyzyjnego w armiach NATO); ocenę efektywności systemów *ex ante*; prognozowanie funkcjonowania systemów walki SP w różnych warunkach; wariantowanie zachowań dysponowanych sił w stosunku do zvariantowanych działań strony przeciwnej.

Prezentowana synteza wyników badań zmierzających do opracowania modelu taktycznych działań powietrznych, a dotycząca założeń projektowych konstruowanego modelu (pierwszy etap badań) obejmuje wstęp, dwa rozdziały merytoryczne i zakończenie.

W rozdziale pierwszym autorzy przedstawili stan wiedzy o modelowaniu taktycznych działań powietrznych, w drugim zaprezentowali cel badań, problemy badawcze oraz wynikające z nich zadania. Zastosowane podejście oraz metody badań wyjaśniono w rozdziale trzecim, w czwartym zaś sprecyzowano założenia i ograniczenia konstruowanego modelu. Zastosowana procedura badawcza i użyty język jest treścią rozdziałów piątego i szóstego. Ogólną koncepcję modelu zaprezentowano w rozdziale siódmym, a budowę w ósmym. Kolejne rozdziały poświęcone są koncepcji ubywania zasobów, funkcjonowania gry i przewidywanym jej zastosowaniom. Całość kończy zakończenie i spis bibliograficzny.

Występujące ograniczenia poznawcze powietrznej rzeczywistości działań komplikują w znacznym stopniu nie tylko odkrywanie praw i prawidłowości

tych działań (walki), ale także badanie skuteczności dysponowanego i konstruowanego sprzętu, prognozowanie przebiegu działań bojowych, czy wreszcie przygotowanie do takich działań. Niezwykle pożądanym jest posiadanie narzędzia, odzwierciedlającego procesy działań bojowych w wymiarze powietrznym.

1. Stan wiedzy o modelowaniu działań powietrznych

Literatura z zakresu modelowania symulacyjnego systemów walki jest jeszcze skromna, natomiast oferowane są modele jedynie przez duże firmy zagraniczne, po bardzo wygórowanych cenach. W tej sytuacji zamiarem autorów prezentowanej pracy naukowej jest zaprojektowanie i przede wszystkim wdrożenie modelu taktycznego działań powietrznych.

Badania nad skonstruowaniem tego modelu zostały poprzedzone zgromadzeniem i przestudiowaniem literatury oraz badaniami teoretycznymi, które znalazły swoje odzwierciedlenie w rozprawie doktorskiej¹. Na podstawie dostępnej i zgromadzonej literatury oceniamy, iż zdecydowaną większość opracowań cechuje niedostatek całościowego ujmowania procesu konstruowania modeli walki (w szczególności modeli walk powietrznych). Z reguły w rozważaniach teoretycznych spotkać się można z ujęciem selektywnym, oferującym obraz rozległej wiedzy, bądź tylko z zakresu działania lotnictwa, czy wojsk raketowych, bądź jeszcze w węższym ujęciu, np. przedstawiane są problemy dotyczące wariantów uzbrojenia dla danego typu samolotu. Z kolei literatura poświęcona optymalizacji wielokryterialnej główny nacisk kładzie na aspekty formalne, postulując zapisanie każdego problemu badawczego w postaci języka formalnego (matematycznego). Większość naukowców obecnie widzi konieczność wspierania się techniką komputerową w całej rozciągłości

procesów modelowania symulacyjnego. Sposób ten umożliwia objęcie większej ilości informacji, umożliwiając jednocześnie systematyzację, porządkowanie, tworząc nową jakość badań.

Gry wojenne, jako metoda doskonalenia kadr dowódczo - sztabowych i rozwiązywania złożonych problemów sztuki wojennej stanowią integralny element funkcjonowania sił zbrojnych. Na przestrzeni ostatnich lat przeszły one swoistego rodzaju ewolucję od gier nazwijmy to tradycyjnych, poprzez gry komputerowo wspomagane, aż do gier komputerowych włącznie. Podstawową przyczyną takiego rodzaju przeobrażeń gier wojennych była konieczność uczynienia z nich efektywniejszego narzędzia dydaktycznego i naukowo - badawczego.

Tradycyjne gry wojenne, w wyniku postępującej ciągle złożoności systemów walki, nie zawsze odpowiadają potrzebom nauki wojennej i praktyki dowódczo - sztabowej. Zakres i stopień szczegółowości odwzorowywanych w nich zjawisk, elementów i procesów pola walki jest często nieadekwatny do stopnia złożoności współczesnych systemów działań. Przyjmowane w procesie ich opracowania i wykorzystania założenia i ograniczenia mają często charakter subiektywny i są głównie wynikiem logicznego myślenia, intuicji i nagromadzonego doświadczenia. Przy ograniczonej możliwości wykorzystania

¹ J. Zych. Model walki sił OP szczebla taktycznego. Rozprawa doktorska opracowana pod kierunkiem B. Zdrodowskiego. AON, Warszawa 2002.

metod precyzyjnych np. modelowania matematycznego, nie zawsze zapewniana jest pożądana użyteczność skonstruowanej gry.

Przełomowym wydarzeniem, które spowodowało jakościowo nowe zmiany w sposobie opracowania, w charakterze i zakresie wykorzystania gier wojennych było pojawienie się techniki komputerowej. W wyniku jej zastosowania, a także twórczego wykorzystania na gruncie sztuki wojennej dorobku takich dyscyplin jak: cybernetyka, informatyka, analiza systemowa, modelowanie matematyczne, itp., gry wojenne zaczęły nabierać charakteru gier komputerowych, gier które w coraz większym stopniu spełniają wymaganie jakie formułuje się współczesnym, nowoczesnym narzędziom dydaktycznym, naukowo - badawczym i środkiem praktycznego doskonalenia kadr dowódczo - sztabowych.

Komputerowe gry wojenne są coraz powszechniej stosowane w większości liczących się współcześnie armiach. W pracach nad ich projektowaniem i wykorzystaniem zaangażowany jest liczący się potencjał naukowo - badawczy.

Pomimo znacznego - w ostatnich latach - dorobku w zakresie teoretycznych podstaw projektowania komputerowych gier wojennych, istnieją ciągle znaczne różnice poglądów co do istoty, treści, struktury i sposobu ich zastosowania.

2. Ujęcie celu, problemów i zadań badawczych

Komputerowa gra wojenna to wielowariantowy model funkcjonowania określonego systemu walki oraz jego otoczenia (teren, wspierające siły ze szczebla nadrzędnego, wojska przeciwnika i sąsiadów) w sytuacjach konfliktowych, np. walce zbrojnej, w których zasadnicze elementy, zjawiska i procesy odwzorowuje się w formie symulacyjnych programów komputerowych, natomiast elementy, zjawiska i procesy dowodzenia realizowane są tak jak w systemie rzeczywistym. Te zaś zjawiska, procesy i elementy podsystemu działań bojowych, które nie uwzględniono w symulacyjnych programach komputerowych, odwzorowuje się stosownie do celu, charakteru i przeznaczenia gry poprzez wykorzystanie zespołów podgrywających.

Do istotnych cech komputerowej gry wojennej zaliczamy między innymi to, że istota, treść i struktura realizowanego w grze procesu dowodzenia jest identyczna jak w tradycyjnych grach wojennych. Oznacza to między innymi, że:

a) aktywnym elementem modelu są ludzie - uczestnicy gry, których udział w grze umożliwia automatyczne odwzorowanie wpływu ich wiedzy, doświadczenia, umiejętności dowódczych, a także racjonalnych zachowań na jakość podejmowanych decyzji, a w konsekwencji na przebieg działań bojowych;

b) decyzje dotyczące sposobu przygotowania i prowadzenia działań bojowych podejmowane są tylko i wyłącznie przez uczestników gry, tzn. nie

funkcjonują programowo realizowane reguły podejmowania decyzji taktycznych. Takie elementy procesu dowodzenia jak: analiza zadania, ocena czynników, wypracowanie zamiaru (konceptji), pozostają domeną twórczej pracy dowódcy i sztabu. Rola dowódcy i jego sztabu w procesie zbierania i przetwarzania informacji oraz w wyborze optymalnego wariantu rozwiązania będzie decydująca.

c) opracowane przez uczestników gry dokumenty bojowe (zarządzenia, aneksy, rozkazy, plany) oraz funkcjonujący w grze obieg informacji mają identyczną postać i charakter jak w grach tradycyjnych.

Zjawiska, elementy i procesy walki odwzorowuje się poprzez wykorzystanie symulacyjnych programów komputerowych. Oznacza to między innymi, że:

a) realizowane przez pododdziały, oddziały i ZT poszczególnych rodzajów wojsk własnych jak i przeciwnika, rodzaje i formy działań bojowych oraz związane z nimi zjawiska i procesy odwzorowywane są przede wszystkim przez programy komputerowe (symulacyjne), a nie przez zespoły podgrywające;

b) podejmowane przez uczestników gry decyzje "wprowadzone są" w postaci danych wejściowych do komputera w celu odwzorowania (symulacji) przebiegu działań bojowych, tzn. komputerowi przekazane zostaną te operacje, które wykona on znacznie szybciej i dokładniej niż czynią to zespoły podgrywające;

c) dostarczane uczestnikom gry meldunki okresowe i doraźne komunikaty o stanie, położeniu i działaniu symulowanych pododdziałów i oddziałów "wyprowadzane są" na urządzenia końcowe (m.in. monitor ekranowy) jako wynik realizacji symulacyjnych programów komputerowych.

Złożoność powietrznego wymiaru działań, a także brak doświadczeń w zakresie projektowania symulacyjnych modeli walki OP i skromna literatura przedmiotu, wymusiły przyjęcie przez autorów pracy badawczej dość rozległej perspektywy, zarówno co do zakresu jak i rodzaju wykorzystywanych metod – odległych niekiedy od stosowanych w naukach wojskowych. Na tak przyjętą perspektywę badawczą miał także wpływ nowatorski charakter rozwiązywanych problemów.

Proponowany przez nas model, uwzględniający walkę grupową, o ugrupowaniach niejednorodnych, z funkcją koordynatora, będzie w założeniu otwarty, o sumie niezerowej i ekstensywny.

Efektem końcowym badań ma być złożony system informatyczny (komputerowa gra symulacyjna). Osiągnięcie tak sformułowanego celu wymaga precyzyjnego określenia przedmiotu badań oraz ustalenia charakteru i zakresu prowadzonych prac badawczych, a także rozwiązania szeregu problemów natury metodycznej, merytorycznej i technicznej. Sądzymy, że przeprowadzone przez nas badania i osiągnięte rezultaty wniosą nową jakość empiryczną, ale również nowe wartości do teorii modelowania, przyczyniając się tym samym do jej wzbogacenia i rozwoju.

Nakreślony cel badań uzmysłowił nam szereg dylematów natury merytorycznej i metodycznej, przed którymi stanęliśmy na etapie badań wstępnych. Obejmowały one dwie wzajemnie przenikające się grupy trudności:

- identyfikację wymiaru powietrznego działań, wraz z istotnym otoczeniem;
- projektowanie modelu tej walki.

Pierwsza grupa trudności wymagała:

- określenia znaczenia wymiaru powietrznego w systemie obronnym, w tym jej głównych uczestników;
- sprecyzowania celów i zakresu możliwych realizowanych zadań przez lotnictwo, środki OPL, systemy rozpoznania i dowodzenia, logistykę;
- ustalenia elementów jednostkowych podstawowych komponentów odzwierciedlanych w modelu;
- określenia wpływu środowiska na realizację zadań przez główne komponenty modelu;
- ustalenia zachowań elementów jednostkowych w określonych warunkach operacyjno-taktycznych;
- ustalenia rodzaju i zakresu wartości parametrów opisujących wymienione elementy.

Rozwiązanie drugiej grupy dylematów wymagało:

- sprecyzowania przedmiotu i charakteru modelu;
- ustalenia wymagań w zakresie odzwierciedlenia zjawisk i procesów zachodzących w powietrznym wymiarze działań;
- określenia elementów, zjawisk i procesów odwzorowywanych w modelu;
- przyjęcia założeń i ograniczeń, aby model odzwierciedlał istotę działań;
- określenia struktury i treści informacji wejściowych i wynikowych;
- opracowania koncepcji funkcjonowania modelu;
- opracowania algorytmów działań wszystkich pododdziałów elementarnych;
- określenia technologii przetwarzania danych w modelu.

W wyniku przeprowadzonych badań wstępnych, ostatecznie postanowiliśmy wyartykułować następujący rejestr problemów, których rozwiązanie spowoduje osiągnięcie celu podjętych badań:

1. Jakie zjawiska występujące w powietrznym wymiarze działań powinny być odzwierciedlone w modelu, aby zachować jego adekwatność, abstrahując jednocześnie od mało istotnych?

2. Z jakich obiektów elementarnych powinien być zbudowany model, by zachować jego elastyczność, prostotę, ale jednocześnie odpowiednią czułość?
3. Jakie parametry i wskaźniki powinny charakteryzować poszczególne obiekty reprezentowane w modelu?
4. Jakie obszary dowodzenia powinny być odzwierciedlane w modelu, w tym - jaki zakres decyzyjny powinien znaleźć swoją reprezentację?
5. Na jakim podłożu mapowym mają być zobrazowane działania powietrzne w modelu?
6. Jaki typ i charakter powinien mieć model?
7. Które skutki wzajemnych oddziaływań powinny być ujęte w modelu?
8. W jakim zakresie odzwierciedlać w modelu zużywanie i odnawialność zasobów?
9. W oparciu o jaki sprzęt i oprogramowanie systemowe powinien funkcjonować model?

Założyliśmy, że powyższe problemy zdekomponujemy na bardziej przystępną formę zadań badawczych, które ostatecznie przyjęły następujące brzmienie:

1. Wyodrębnić najistotniejsze zjawiska, występujące w powietrznym wymiarze, mające zasadnicze znaczenie na reprezentatywność i adekwatność modelu.

2. Określić ograniczenia oraz elementy rzeczywistości nie odwzorowywane w modelu.
3. Przyjąć określony poziom kwantyzacji procesów odzwierciedlanych w modelu.
4. Zdefiniować charakter modelowanych zjawisk (zdeteminowane, probabilistyczne).
5. Określić rozkład charakteryzujący zjawiska probabilistyczne.
6. Skonstruować generator liczb losowych dla stymulowania parametrów mających charakter losowy.
7. Zdefiniować rejestry decyzyjne dla poszczególnych uczestników modelu (stron gry).
8. Wyodrębnić zjawiska fizyczno-geograficzne.
9. Zdefiniować modele poszczególnych procesów cząstkowych - (Lanchestera, Pontriagina, statystycznych, oparte na procesach masowej obsługi).
10. Zdefiniować obiekty elementarne, które powinny być reprezentowane w modelu.
11. Wyodrębnić wskaźniki charakteryzujące zdefiniowane obiekty elementarne.
12. Określić zakres zmian wartości dla wskaźników charakteryzujących obiekty, zapewniając czułość modelu na wprowadzane zmiany.
13. Uwzględnić wszelkie opóźnienia wynikające z propagacji informacji.

14. Zapewnić definiowanie wariantu uzbrojenia dla każdego typu środka walki.
15. Zapewnić definiowanie różnych ugrupowań i działań dysponowanych sił.
16. Określić charakter funkcji, według której będą zużywane i odnawiane poszczególne zasoby gry.
17. Określić zakres wpływu koordynatora na zasoby gry.
18. Zdefiniować kryterium (zbiór kryteriów) pomiaru osiągania celów (realizacji zadań) przez strony odzwierciedlane w modelu.
19. Przeprowadzić analizę dostępnych platform sprzętowych, programowych i systemowych oraz zaproponować wariant najlepszy dla modelu i implementacji komputerowej gry symulacyjnej.

3. Zastosowane podejście i metody badawcze

Jako dominujące podejście poznawcze zdecydowaliśmy zastosować podejście systemowe, w którym szczególnie wyróżniamy ujęcie sytuacyjne i zdarzeniowe. Poprzez przyjęcie takiej konwencji modelowania spodziewamy się uzyskać:

- całościowe ujęcie procesów oraz obiektów identyfikowanych w modelu (tzw. ujęcie holistyczne);
- badane zjawiska analizowane będą poprzez teleologiczny взгляд badawczy;
- kompleksowe modelowanie zjawisk widzianych jako sprzężenia wewnętrzne i zewnętrzne;
- badanie zjawisk poprzez wyodrębnienie cech i relacji istotnych (tzw. ujęcie esencjonalistyczne)².

Zaimplementowane wątki modelu (komputerowej gry symulacyjnej) postrzegamy jako logiczną współzależność między elementami zidentyfikowanego systemu. Wyodrębnione obiekty opisane będą zbiorem dobranych odpowiednio parametrów.

Bogata literatura przedmiotu wskazuje na wiele możliwych podejść do modelowania powietrzno – lądowego wymiaru działań.

Podejście funkcjonalne reprezentowane jest przez:

² Sienkiewicz P., Analiza systemowa podstawy i zastosowania, Bellona, Warszawa 1994.

- Structured Design Constantine'a - Yourdona³;
- Jackson System Development - Jacksona⁴;
- Real-Time Systems Architecture - Warda-Mellora⁵;
- Hatley'a-Pirbhai'a⁶;
- Nielsena⁷;
- Embedded Computer Systems - Lavi-Harela⁸,

Podejście obiektowe reprezentują:

- Object-Oriented Analysis - Yourdona-Coad⁹;
- Object-Oriented Structured Design - Wassermann¹⁰;
- Object-Modeling Technique - Rumbaugh¹¹.

Kompilacja podejść: funkcjonalnego i obiektowego, którą zamierzamy zastosować, uzupełniające się nawzajem, umożliwia modelowanie zależności, między wyodrębnionymi elementami powietrznego wymiaru działań, w zależności od przyjętego względu badawczego. Ujęcia: rzeczowe, funkcjonalne,

³ Yourdon E., Współczesna analiza strukturalna, WNT, Warszawa, 1996.

⁴ Jackson M., System Development, C.A.R.Hoare Series, Prentice Hall Inc., 1983.

⁵ Ward P.T., Mellor S.J., Structured Development for real-time systems, Yourdon Computing Series, Yourdon Press, Prentice Hall Inc., 1985.

⁶ Hatley D.J., Pirbhai I.A., Strategies for Real-Time System Specification, Dorset House Publishing, New York, 1988.

⁷ Nielsen K., Designing Large Real-time Systems With ADA, Multiscience Press Inc., 1988.

⁸ Lavi J.Z., Winokur M., Embedded computer systems: requirements analysis specification: An industrial course, SEI Conference Virginia 1988.

⁹ Coad P., Yourdon E., Analiza obiektowa, Oficyna Wydawnicza Read Me, Warszawa, 1994.

¹⁰ Wassermann A.I., Pircher P.A., Muller R.J., Concepts of Object-Oriented Structured Design, Interactive Development Environments Inc., 1989.

systemowe, pragmatyczne, strukturalne i inne, kładące nacisk na różne obszary powodują, że ujęcie modelowanej rzeczywistości powietrznej w każdym z nich jest inne.

Przyjeliśmy, iż właściwym względem badawczym, podczas konstruowania takiego modelu, w którym będą odzwierciedlane procesy zachodzące w powietrzu będą skutki podejmowanych decyzji.

Konsekwentnie do deklaracji podejścia systemowego, całość działań w wymiarze powietrznym postrzegamy jako zjawisko desygnujące pewną całość, tworzoną przez określone zbiory obiektów (elementów) i powiązań (relacji) między nimi, rozpatrywaną z określonego punktu widzenia (tzw. względu badawczego)¹². Jednym z istotnych wyróżników podejścia systemowego w wojskowych badaniach naukowych jest patrzenie na przedmiot badań w klasie tzw. systemów wielkich. Ujęcie systemowe zapewnia także metodologiczną poprawność zastosowania uproszczeń przy konstruowaniu modelu działań powietrznych.

Głównym imperatywem w procesie badawczym było przyjęcie postawy teleologicznej, czyli zdeterminowaniu wszelkich poczynąń badawczych odpowiedzią na pytanie: czemu ma służyć skonstruowany model? Istotne jest

¹¹ Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F., Lorensen W., Object-Oriented Modeling and Design, Prentice-Hall Inc., 1991.

¹² System - jest pojęciem desygnującym pewną całość tworzoną przez określony zbiór obiektów (elementów) i powiązań (relacji) między nimi, rozpatrywaną z określonego punktu widzenia (tzw. względu badawczego, aspektu badań) – def. Wg P. Sienkiewicza.

również to, iż modelowane zjawiska, obiekty i relacje postrzegamy jako znajdujące się w permanentnej dynamice.

Prowadzone przez nas badania skłaniają do sformułowania konkluzji, iż w przypadku modelowania bardzo złożonych systemów (elementów wymiaru powietrznego), stosowanie metod i technik badawczych w czystej formie jest bardzo utrudnione. Wydaje się, iż najlepsze wyniki osiągniemy - umiejętnie łącząc wiele metod ze sobą, jak również technik w ramach tych metod.

Osiągnięcie celów pracy wymaga korzystania z dorobku wielu dziedzin wiedzy, między innymi nauk wojskowych, inżynierii systemów, cybernetyki i informatyki, prakseologii oraz organizacji i zarządzania. Takie podejście (interdyscyplinarne) wymusiło stosowanie pojęć i metod charakterystycznych dla wymienionych szczegółowych dyscyplin naukowych, których zakres wykorzystania podporządkowaliśmy przyjętej strukturze procesu badawczego.

Na podstawie sformułowanych zadań badawczych i sprecyzowanego obszaru badań przystąpiliśmy do wyboru metod ich rozwiązania. Złożoność systemów walki używanych w wymiarze powietrznym powodowała konieczność zastosowania do ich badania takich metod badawczych, które umożliwiłyby uchwycenie wszystkich istotnych elementów i relacji między nimi oraz relacji zachodzących w otoczeniu. W tym względzie jako wiodącą metodę przyjęliśmy analizę systemową. Pozwoliła ona na:

- wytyczenie głównych celów badania rzeczywistych systemów zaangażowanych w wymiarze powietrznym;
- poznanie relacji i zależności zachodzących pomiędzy odwzorowywanymi elementami, a ich otoczeniem oraz wpływu otoczenia na zachowanie się modelowanych systemów;
- kompleksowe ujęcie wszystkich elementów i występujących pomiędzy nimi relacji;
- identyfikację i opis struktur, zjawisk, procesów, wnętrza i otoczenia modelowanych systemów;
- sprawdzenie zachowania się modelowanych systemów przez porównanie ich funkcjonowania w modelu z systemami rzeczywistymi.

Za drugą wiodącą metodą badań, z punktu widzenia powtarzalnego sposobu postępowania, przyjęto szeroko rozumiane modelowanie. Metodę modelowania potraktowano jako swoistego rodzaju filozofię postępowania, ponieważ cały proces badawczy podporządkowany został projektowaniu symulacyjnego modelu działań powietrznych. Nie oznaczało to jednak, że w badaniach nie wykorzystywano szczegółowych modeli symbolicznych (matematycznych i niematematycznych). Realizowane w ramach podjętej pracy naukowej działania, zmierzające do opracowania modelu działań powietrznych, miały na celu odzwierciedlenie w sposób adekwatny do przyjętego celu badań,

systemu rzeczywistego funkcjonującego w skomplikowanych warunkach powietrznego pola walki.

Poza metodami funkcjonującymi w wymienionych sposobach podejścia stosowano również inne metody, zarówno empiryczne jak i teoretyczne. Wybór konkretnej metody zdeterminowany był charakterem badanego problemu oraz etapem procesu badawczego.

W początkowym etapie badań zasadniczą rolę odegrały metody empiryczne, pozwoliły one zebrać informacje o zjawiskach, procesach i zadaniach realizowanych w wymiarze powietrznym. Spośród omawianej grupy metod posługiwano się obserwacją naukową oraz badaniem opinii i ocen ekspertów.

Metoda obserwacji naukowej służyła głównie do rozpoznawania, wyróżniania i wartościowania modelowanych systemów działań. Pozwoliła ona zidentyfikować procesy i zjawiska zachodzące w obszarze powietrznego pola walki, wyodrębnić cechy jakościowe tych zjawisk i procesów, a przez pomiar dokonać również identyfikacji ich cech ilościowych.

Przedmiotem badania opinii i ocen ekspertów były głównie problemy niedostępne w literaturze przedmiotu oraz proponowane przez autorów pracy rozwiązania. Metoda ta spełniła dwa nasze oczekiwania. Pierwsze – pomocnicze, pozwoliło uzyskać uzupełniający materiał dotyczący metod i sposobów budowy symulacyjnych modeli walki. Drugie, sprowadziło się do

oceny zaproponowanych założeń i ograniczeń przyjętych w procesie konstruowania modelu.

W kolejnych etapach procesu badawczego, w trakcie opracowywania wyników i formułowania wniosków szczególne zastosowanie znalazły metody teoretyczne, głównie: analiza i abstrahowanie.

Analiza umożliwiła określenie cech relacji, związków i zależności badanych procesów i zjawisk zachodzących pomiędzy modelowanymi systemami. Abstrahowanie pozwoliło usunąć z przedmiotu badań te cechy i zależności, które dla osiągnięcia celu badań były nieistotne.

4. Przyjęte założenia i ograniczenia modelu

Symulacyjny model działań powietrznych będzie modelem złożonych systemów działania. Na jego treść i strukturę składać się będzie wiele wzajemnie powiązanych elementów i podsystemów funkcjonalnych, a o zakresie i efektywności ich wykorzystania decydować będzie wiele przedsięwzięć organizacyjnych i działań związanych z przygotowaniem i prowadzeniem eksperymentu symulacyjnego (growego). Szczegółowy pogląd na złożoność komputerowej gry dać może pełny i wyczerpujący opis każdego z istotnych elementów (modułów) funkcjonalnych.

Mając na względzie celowość takiego opisu, traktowanego przede wszystkim jako wyraz praktycznej realizacji postulatu dotyczącego czytelności i poglądowości procesu projektowania i dokumentowania komputerowej gry, w kolejnych etapach prac projektowych - wszystkie istotne zagadnienia związane ze strukturą, treściami i funkcjonowaniem poszczególnych modułów funkcjonalnych, przedstawione zostaną w sposób wyczerpujący, w postaci wyodrębnionych bloków problemowych.

W tej części opracowania zwrócimy tylko uwagę na te cechy projektowanego modelu, które niezależnie od przyjętych rozwiązań szczegółowych wyznaczają z jednej strony tło i taktyczne granice gry (modelu symulacyjnego), z drugiej decydują o jej zasadniczej strukturze i charakterze. Modelowane systemy zostały zidentyfikowane jako wzajemnie zależne zbiory:

- zjawisk dotyczących lotnictwa uderzeniowego, rozpoznawczego i tankowania;
- zjawisk dotyczących działań lotnictwa myśliwskiego;
- zjawisk dotyczących wojsk raketowych¹³;
- zjawisk dotyczących wojsk radiotechnicznych i radioelektronicznych;
- zjawisk przynależnych obiektom naziemnym i nawodnym atakowanym przez lotnictwo i bronionym przez OP;
- identyfikowanych zjawisk fizyczno-geograficznych.

W zidentyfikowanych zbiorach wyróżniamy konkretne obiekty. Każdy obiekt opisujemy zbiorem parametrów, jednoznacznie go identyfikujących oraz umożliwiających sterowanie tym obiektem. W opisie obiektów rozróżnia się parametry stałe i zmienne. Model zawiera również elementy związane z zużywaniem zasobów i terenem, na bazie komputerowej cyfrowej mapy terenu. Użyte metody do modelowania procesów odzwierciedlanych w modelu, spełniają warunek jego funkcjonowania w czasie rzeczywistym¹⁴ i przyspieszonym.

¹³ Wojska raketowe w tym opracowaniu traktowane są, jako wojska OPL WLOP, MWoj., WŁad.

¹⁴ Czas rzeczywisty – należy rozumieć jako możliwość symulowania procesów walki z uwzględnieniem czasu reakcji systemu na wymuszenie (ciąg wymuszeń). Systemy czasu rzeczywistego są w ciągłej gotowości do reagowania na zewnętrzne, jak i wewnętrzne wymuszenia. Natomiast przekroczenie dopuszczalnego opóźnienia w reakcji na zdarzenie zewnętrzne (wewnętrzne) jest traktowane tak samo jak brak reakcji, co dyskwalifikuje taki system z punktu widzenia osiągania celu i realizacji zadań, tzn. symulacji procesów w czasie rzeczywistym.

Przedstawione powyżej uwagi i spostrzeżenia autorów wskazują na duży stopień komplikacji i złożoności modelowanej rzeczywistości, w całej rozciągłości procesu konstruowania modelu.

Punktem wyjścia do rozpoczęcia prac związanych z projektowaniem modelu było przeprowadzenie wstępnej analizy, diagnozy i oceny systemów partycypujących w powietrznych działaniach, będących przedmiotem gry. Proces formułowania ogólnych celów modelu przebiegał niejako jednocześnie z procesem badań systemów będących przedmiotem modelowania. W procesie formułowania ogólnych, a w dalszej kolejności szczegółowych celów modelu, uwzględniono możliwości, wady i zalety oraz przewidywany charakter i sfery zastosowań gry, z drugiej zaś sprecyzowane w wyniku badań systemów zakres i kierunki prac usprawniających, jak i badawczych, a także istniejące możliwości projektowe i technologiczne.

Łączne rozpatrywanie wymienionych obszarów zagadnień umożliwiło sformułowanie takich ogólnych celów gry, które powinny odpowiadać potrzebom użytkowników modelowanych systemów oraz uwzględniać możliwości projektowe oraz zalety, wady i możliwości komputerowej gry, traktowanych jako nowoczesne narzędzie dydaktyczne i środek wspomagający proces projektowania złożonych systemów działania.

Formułując ogólne cele gry symulacyjnej uwzględniono następujące jej możliwości:

- adekwatne odwzorowanie zachowań decydentów - uczestników gry, będących aktywnym elementem modelowanych systemów, we wszystkich etapach procesu dowodzenia, jak również w poszczególnych fazach procesu decyzyjnego;

- odwzorowanie dynamiki funkcjonowania podstawowych modelowanych systemów w szerokim zakresie zmian warunków i parametrów opisujących ich funkcjonowanie;

- dynamiczne modyfikowanie systemu motywacji uczestników gry oraz ocenę jego wpływu na przebieg i rezultaty gry;

- wielokrotne wykorzystanie opracowanej gry dla różnych scenariuszy i danych wejściowych o systemie i jego otoczeniu;

- bezpośrednie sprawdzenie efektów podejmowanych decyzji przez uczestników gry oraz ocenę realizacji celów modelowanego systemu działań bojowych;

- różnorodne możliwości w konstruowaniu sposobów bieżącego informowania uczestników gry o stanie modelowanego systemu działań bojowych;

- uwzględnienie (odwzorowanie) wpływu zmian struktur organizacyjnych, technicznych (uzbrojenie) i informacyjnych na funkcjonowanie systemów w konkretnej sytuacji taktycznej;

- inicjowanie takiego działania uczestników gry, które wyzwała ich aktywność w stopniu nieporównywalnie większym niż ma to miejsce w innych metodach dydaktycznych.

Cele ogólne stanowiły podstawę do formułowania celów szczegółowych, które są niejako ich udokładnieniem. Determinują one zakres i stopień dokładności odwzorowania modelowanego systemu, a także charakter i przebieg gry.

Szczegółowe cele gry określają między innymi:

- rodzaje sił zbrojnych, wojsk, służb (rodzaje systemów działań) będący przedmiotem gry;

- rodzaj, formy i fazy działań bojowych SP, OP oraz działań operacyjnych i taktycznych wojsk lądowych modelowanych w grze;

- liczbę i rodzaj biorących w grze dowództw, oficerów sztabów i osób funkcyjnych;

- zakres wiedzy i czynności, które uczestnicy gry winni poznać i doskonalić.

Stopień szczegółowości w formułowaniu celów gry zależał przede wszystkim od charakteru zjawisk i procesów przewidzianych do odwzorowania w modelowanym systemie działań bojowych. Na stopień szczegółowości celów gry istotny wpływ wywierały: przewidywany sposób funkcjonowania

informacyjnego systemu gry, a w szczególności zakres, treść i stopień szczegółowości informacji o modelowanych systemach i ich otoczeniu oraz sposób i zakres informowania uczestników gry.

Symulacyjny model walki działań powietrznych mieć będzie w znacznym stopniu charakter uniwersalny, który wynika zarówno z przeznaczenia, oraz zakresu i sposobu wykorzystania modelu (gry).

Model ten przeznaczony może być do realizacji określonych celów dydaktycznych oraz naukowo - badawczych. Ze względu zaś na zaprojektowaną strukturę "bazy danych" i stopień szczegółowości odwzorowania w niej działań i otoczenia oraz zjawisk, procesów i elementów pola walki model wykorzystywany może być do wielokrotnego (praktycznie nieograniczonego) rozgrywania licznego zbioru złożonych sytuacji taktycznych dla różnych warunków powietrznego pola walki, jak i struktur organizacyjnych oraz rodzajów i typów środków walki będących na uzbrojeniu wojsk odwzorowywanych w modelu symulacyjnym.

Ze względu na zakres odwzorowywanych zjawisk będzie on mieć także charakter kompleksowy. Odwzorowane bowiem zostaną w nim działania bojowe pododdziałów i oddziałów poszczególnych rodzajów wojsk obrony powietrznej, ŚNP, obiektów osłony oraz warunków fizyczno-geograficznych.

Model posiadać będzie wysoce interaktywny charakter. Interaktywność ta wyrażać się będzie przede wszystkim w możliwości bieżącego i bezpośredniego

wpływania przez uczestników eksperymentu symulacyjnego na przebieg symulowanych działań bojowych oraz bieżącego ich informowania o wszystkich istotnych sytuacjach modelowanych działań bojowych.

Interaktywny charakter modelu stymulować powinien wysoką aktywność uczestników gry (eksperymentu symulacyjnego). W symulacyjnych modelach walki obok wariantowego uwzględniania decyzji, istotną rolę spełnia struktura i sposób odwzorowania fizycznego zjawiska upływu czasu, z którym związana jest istotna cecha modelowanego systemu, jaką jest wysoka dynamika współczesnych działań bojowych. W projektowanym modelu sposób odwzorowania upływu czasu wynika z przyjętej techniki modelowania symulacyjnego (metoda kolejnych zdarzeń), a przedział czasu, w którym symuluje się działania bojowe pododdziałów i oddziałów rodzajów wojsk obrony powietrznej i ŚNP ograniczony jest tylko i wyłącznie celami eksperymentu symulacyjnego. Oznacza to, że symulacja działań bojowych obejmować może dowolny przedział czasu.

Odwzorowanie upływu czasu obejmuje sytuacje, w których jednej jednostce czasu funkcjonowania systemu rzeczywistego, odpowiada jedna jednostka czasu funkcjonowania modelowanego systemu (symulacja w czasie rzeczywistym).

Jest rzeczą oczywistą, że model będzie mieć charakter dynamiczny - wynika to z jego istoty. Pozwoli to na odwzorowanie działań bojowych wojsk w

szerokim zakresie zmian warunków zewnętrznych (teren, obiekty osłony, wojska), jak i wewnętrznych, związanych z funkcjonowaniem poszczególnych pododdziałów i oddziałów (rodzaj, formy i sposób realizacji działań bojowych, liczba i rodzaj środków walki oraz sposób ich wykorzystania).

Zastosowane rozwiązania i strukturę komputerowej gry wyznaczają między innymi:

- ◆ przyjęte założenia i ograniczenia;
- ◆ informacje wejściowe opisujące odwzorowywane pododdziały i oddziały rodzajów wojsk;
- ◆ przyjęte algorytmy działań bojowych (funkcjonowanie) odwzorowywanych w grze pododdziałów poszczególnych rodzajów wojsk;
- ◆ informacje wynikowe będące rezultatem komputerowej realizacji, powstałych na bazie przyjętych algorytmów, programów symulacyjnych;
- ◆ przyjęte procedury realizacji (modele matematyczne), uwzględnianych w algorytmach działań bojowych procesów walki.

Wszystkie z wymienionych elementów, w odniesieniu do poszczególnych modułów funkcjonalnych komputerowej gry, a więc działań bojowych pododdziałów i oddziałów poszczególnych rodzajów wojsk, określone zostaną w kolejnych etapach realizowanych badań.

Konstruując model oparto się o model matematyczny walki grupowej, o ugrupowaniach niejednorodnych. Skonstruowanie modelu walki w oparciu o ugrupowania jednorodne praktycznie dyskwalifikowałyby ten model ze względu na kryterium adekwatności. Budując model korzystano z teorii klasycznych modeli opisujących dynamikę walki, takich jak:

- modele Lanchestera (do sformułowania równań dynamiki średnich);
- modele Pontriagina (do opisanie funkcji maksimum);
- modele statystyczne (proces odnawiania zasobów);
- modele wykorzystujące teorię masowej obsługi (obsługa kolejek).

Model podlega silnym wymuszeniom. W budowanym modelu występuje mechanizm gry o sumie niezerowej. W grze o sumie niezerowej suma punktów zebranych przez stronę A nie jest równa sumie punktów utraconych przez stronę B¹⁵. Przedstawiona gra jest grą z niepełną informacją. Charakteryzuje się ona tym, iż każda ze stron nie w pełni zna poprzedzające ruchy strony przeciwnej – oznacza to, że żadna ze stron nie zna pełnej sytuacji powstałej w grze. Gra jest nieskończona - obie strony mają nieskończoną liczbę strategii.

Funkcjonowanie gry oparte jest o model ekstensywny. Symulowane procesy mają charakter dynamiczny. Grających stron nie ogranicza się do

¹⁵ Faure, Badania operacyjne, PWN, Warszawa, 1982.

wyboru proponowanej strategii. Symulacja danego epizodu jest procesem składającym się z wielu etapów.

Przewiduje się w modelu dwie nawzajem zwalczające się strony A i B, z których każda dysponuje odpowiednimi zasobami środków walki (przyznanymi i uzupełnianymi przez koordynatora gry) oraz bronionych obiektów. Ponadto przewiduje się stronę neutralną, którą może zawiadywać koordynator.

W wyniku decyzji (posunięć) dowolna strona może uzyskiwać korzyści lub ponosić straty. Grę kończy decyzja koordynatora o zakończeniu procesu symulacji lub upłynięcie zadanego czasu. W modelu możliwe będzie realizowanie decyzji graczy strony A i B oraz koordynatora - w sensie zobrazowania i obserwowania ich skutków. Dodatkową funkcją modelu jest rekonstrukcja przebiegu gry na bazie zapisanych informacji, w odpowiednich plikach. Zapewnia to niebagatelną korzyść - wielokrotnego rozegrania gry od dowolnego (zadanego przez koordynatora) momentu. Daje to skończoną, ale trudno policzalną liczbę wariantów rozegrania (przećwiczenia) danego epizodu. Przyjęto, iż gracze dysponują kilkoma rodzajami środków. Środki te mogą być grupowane. Na przykład skład każdego oddziału, pododdziału, klucza, eskadry, może być niejednorodny, tzn. każda grupa może się składać ze środków walki tego samego rodzaju lub różnorodnych. Wobec tego można traktować np. oddział jako grupę środków walki, ale w szczególnym przypadku oddziałem może być dokładnie jeden środek walki. W związku z tym, symbole np. trzech

oddziałów mogą w rzeczywistości oznaczać trzy grupy środków walki tego samego rodzaju (w ramach grupy), bądź trzy różnorodne środki walki – np. piktogramy reprezentujące dane obiekty w grze (statki powietrzne) są takie same dla wszystkich bez względu, jaki wariant uzbrojenia został zdefiniowany dla danego egzemplarza czy grupy.

5. Procedura badawcza

Komputerowa gra wojenna ze względu na zakres i stopień szczegółowości odwzorowania procesów walki ma charakter wielce złożonego systemu, którego proces projektowania porównywalny jest z procesem projektowania informatycznego systemu o aktywnej strukturze przetwarzania zadań przez komputer.

Analizując struktury, treść i wynik procesu projektowania komputerowych gier wojennych oraz uwzględniając bogaty dorobek teoretyczny i praktyczny wymienionych uprzednio dyscyplin naukowych oraz własne doświadczenia badawcze sformułowaliśmy szereg postulatów natury metodycznej:

- ◆ proces projektowania gry traktujemy jako złożony system działania;
- ◆ w procesie projektowania gry wykorzystujemy teoretyczny i praktyczny dorobek "inżynierii systemów", dyscypliny, która powstała w wyniku złożoności procesów projektowania, wskutek konieczności jego racjonalnej i naukowej organizacji oraz specyficznej podstawy metodologicznej, związanej z całościowym traktowaniem obiektu i procesu jego tworzenia;
- ◆ w procesie projektowania gry wykorzystujemy i integrujemy doświadczenia z zakresu projektowania tradycyjnych gier wojennych, jak i informatycznych systemów zarządzania;

- ◆ proces projektowania i eksploatacji gry rozpatrujemy łącznie we wzajemnych związkach i uwarunkowaniach;
- ◆ w procesie projektowania gry dążymy do odwzorowania zarówno wyjaśniającego jak i ocenowo - decyzyjnego charakteru gry.

Mając na celu uczynienie procesu projektowania gry bardziej czytelnym, całość przedsięwzięć z tym związanych podzieliliśmy na cztery fazy.

Faza pierwsza obejmuje kompleks prac przygotowawczych, związanych z badaniem systemu działań bojowych, będącego przedmiotem gry oraz sformułowanie na tej podstawie celu, funkcji, zadań, założeń i ograniczeń konstruowanego modelu (ta faza prac przeprowadzona została w ramach wspomnianego doktoratu).

Faza druga obejmuje prace projektowe tzn. projektowanie koncepcyjne i technologiczne (ta faza częściowo realizowana jest w ramach tej części prac).

Faza trzecia to przedsięwzięcia organizacyjno - techniczne związane z projektowaniem i wdrożeniem gry.

Faza czwarta obejmuje eksploatację próbną, weryfikację i wdrożenie użytkowe gry (tę fazę przewidujemy w przyszłym roku).

Prace przygotowawcze do projektowania modelu stanowiły jedną z najbardziej istotnych i pracochłonnych faz procesu projektowania gry.

Zakres i stopień poprawności ich prowadzenia decyduje bowiem w sposób zasadniczy o charakterze przyszłej gry oraz o strukturze i treści procesu jej projektowania. Celem prac przygotowawczych było uzasadnienie potrzeb projektowania gry. Prace te obejmowały dwa etapy:

- a) badanie systemów OP, ŚNP, rozpoznania, logistycznego wsparcia i dowodzenia, będących przedmiotem gry;
- b) sformułowanie zadania projektowego.

Wynikiem prac przygotowawczych do projektowania modelu było sformułowanie precyzyjnego, pełnego i komunikatywnego zadania projektowego.

Celem badań systemów będących przedmiotem gry była identyfikacja i opis ich elementów składowych (modułów funkcjonalnych) oraz sposobów funkcjonowania i kierunków rozwoju, a także sprecyzowanie potrzeb w zakresie ich usprawnienia.

Prace związane z badaniem wymienionych systemów obejmowały:

- sformułowanie ogólnych celów gry;
- prowadzenie badań systemów będących przedmiotem gry;
- analizę i opracowanie wyników badań.

Wynikiem badań systemów były wnioski o celowości projektowania modelu w formie komputerowej gry symulacyjnej.

Przyjęte założenia, zakres prac, horyzont czasowy ich realizacji oraz posiadane zasoby pozwoliły na określenie harmonogramu prac które zamierzamy zrealizować w czterech etapach:

- ◆ Etap I: sformułowanie założeń projektu, elementów i struktur funkcjonalnych, listy zdarzeń i ich ciągów.
- ◆ Etap II: określenie wymiaru informacyjnego modelu, w tym zakresu informacji niedostępnych grającym, sposobów pozyskiwania informacji oraz jej zakłócania i maskowania.
- ◆ Etap III: opracowanie tła mapowego gry, wraz z jego warstwami informacyjnymi.
- ◆ Etap IV: zsynchronizowanie poszczególnych elementów modelu, testowanie i opracowanie scenariuszy gry.

Modelowanie systemów OP, ŚNP, rozpoznania, logistycznego wsparcia i dowodzenia (będących przedmiotem etapu I) - stanowiło jeden z najbardziej pracochłonnych etapów projektowania. Modelowanie to obejmowało:

- identyfikację i analizę celów funkcjonowania systemów oraz realizowanych zadań;
- identyfikację i analizę struktury morfologicznej, funkcjonalnej i rozwojowej systemów;
- ustalenie i opis charakterystyk taktyczno - technicznych systemów;

- identyfikację i analizę struktury zadań, obowiązków i uprawnień oraz formalnych i nieformalnych więzi użytkowników systemów;

- identyfikację i analizę procesów walki i informacyjno - decyzyjnych systemów.

W wyniku zbadania podstawowych systemów będących przedmiotem gry uzyskano:

- identyfikację elementów systemów OP, ŚNP, rozpoznania, logistycznego wsparcia i dowodzenia oraz powiązań między nimi;
- odwzorowanie struktur modelowanych systemów;
- wyznaczenie charakterystyk ilościowych wymienionych systemów;
- identyfikację podstawowych oddziaływań pomiędzy elementami systemów oraz pomiędzy systemami a ich otoczeniem;
- określenie grafu stanów modelowanych systemów;
- wyznaczenie struktury dynamicznej i funkcjonalnej systemów;
- określenie "scenariusza" zachowania się systemów w dynamice działań;
- określenie prognozy rozwojowej modelowanych systemów.

Finalnym elementem prac etapu I jest koncepcja modelu zawarta w rozdziałach: 8, 9, 10 i 11. Obejmuje ona:

- ◆ założenia wstępne;

- ◆ wymagania dotyczące struktury, podstawowych elementów i podsystemów funkcjonalnych modelu;
- ◆ koncepcje budowy modelu, w tym obiektów elementarnych, zakresu decyzyjnego odzwierciedlanego w modelu, odzwierciedlanych stanów i zdarzeń w modelu;
- ◆ przewidywane zastosowania modelu.

Celem formułowania tej koncepcji było uzasadnienie potrzeby prowadzenia prac projektowych, ich charakterystyka i opis przeznaczenia gry, a w tym:

- ◆ ogólne przeznaczenie;
- ◆ ogólną budowę modelu;
- ◆ obszar możliwych zastosowań;
- ◆ cele szczegółowe prowadzonych prac projektowych;
- ◆ opis i uzasadnienie ogólnych wymagań dotyczących projektowanej gry.

6. Zastosowany język modelowania

Z punktu widzenia badań istotne jest by uchwycić istotę zjawisk charakteryzujących wymiar powietrzny dla potrzeb modelowania, tzn. wyodrębnić byty identyfikowane w modelu. Mimo iż część z tych bytów jest reprezentowana opisem werbalnym, to konsekwentnie zapis ten stanowi etap poprzedzający reprezentację modelu, na poziomie języka formalnego. W tym kontekście w treści opracowania przedstawiono ogólne opisy komponentów, obiektów i subobiektów, będących przedmiotem badań.

Obszerna literatura dotycząca modelowania gier, symulacji komputerowej wprowadza wieloznaczność nawet podstawowych kategorii, takich jak: gra, sytuacja konfliktowa, gra symulacyjna, granie, symulacja. Dla opisów formalnych (matematycznych) przyjazne są definicje oparte na teorii grafów i sieci, zaś dla klas problemów właściwe mogą być definicje przedstawione w sposób opisowy.

Grę postrzegamy w ramach realizowanej pracy badawczej jako model matematyczny sytuacji konfliktowej, zaimplementowany w języku informatycznym, na personalnej platformie sprzętowej, sprzęgniętej siecią. W teorii gier przyjęło się kilka sposobów opisu konfliktu. Grę można określić w postaci rozwiniętej (ekstensywnej), normalnej lub w postaci funkcji charakterystycznej. Każda z tych form odpowiada opisowi tylko wybranych klas konfliktu i nie jest wygodna dla pozostałych. Można jednak ustalić kilka cech

wspólnych wszystkich klas konfliktów. W każdym konflikcie można wyróżnić, co najmniej dwie strony (graczy) w nim uczestniczące. Grę charakteryzuje zbiór strategii dopuszczalnych, sposobów oceny wyników działania (rozdzielanie sytuacji gorszych i lepszych według przyjętych kryteriów). Poza tym, każdym procesem konfliktowym rządzą pewne prawa i reguły ustalone wcześniej, znane stronom uczestniczącym w konflikcie. Cechą charakterystyczną gry jest udział człowieka, właśnie tym różni się ona od innych modeli, gdzie człowiek jest funkcjonalną częścią modelu. Gra – jako proces - nie istnieje bez grającego. Grającym może być człowiek, a w szczególnym przypadku może nim być „natura” (algorytmy zaimplementowane w programie komputerowym).

Ujęcie gry opiera się na definicjach z nią związanych. Istnienie wielu różnorodnych sytuacji konfliktowych. Bardzo to utrudnia podanie precyzyjnej, a zarazem ogólnej definicji gry. W opracowaniu tym pojęcie *gry* jest tożsame z pojęciem *model*.

Sytuacja konfliktowa - konstyuuje się wtedy, gdy decydent (osoba podejmująca decyzję) jest w sytuacji prowadzącej do jednego z kilku możliwych wyników w stosunku, do których ma pewne preferencje. Decydent może mieć wpływ na zmienne określające wynik, jednakże istotne jest to, iż nie jest on jedynym uczestnikiem sytuacji konfliktowej. Zazwyczaj wynik ten zależy od kilku decydentów, którzy również preferują jeden z możliwych wyników, lecz których cele mogą być wzajemnie niezgodne (właśnie najczęściej tak jest). Na

wynik końcowy mogą wpłynąć także zdarzenia losowe, np. czynniki fizyczno-geograficzne. Od dawna były obserwowane i rejestrowane sposoby postępowania w tego rodzaju sytuacjach związane z powstawaniem pewnych sytuacji decyzyjnych i koniecznością podejmowania decyzji.

O ile gra jest rozumiana jako podstawowy model sytuacji w grze, o tyle granie jest postępowaniem, w którym gra jest używana przez graczy - ludzi powtarzających (odgrywających) role współzależnych decydentów. W tym ujęciu sytuacja w grze rozumiana jest również jako rzeczywista sytuacja otrzymywana od przynajmniej dwóch graczy -decydentów.

Gra symulacyjna - jest takim rodzajem gry, w której wykorzystuje się komputer do zbierania, przetwarzania i generowania informacji, potrzebnych graczom do podejmowania decyzji o działaniu podsystemu, na który mają wpływ. Po uzyskaniu określonej informacji, każdy z graczy próbuje w jak największym stopniu osiągać swoje cele (cele określone przez koordynatora). Komputer z kolei może odgrywać aktywną rolę w inspirowaniu z góry ustalonych lub losowych działań, na które reagują gracze.

Różnice między graniem (ang. gaming), a symulacją - w grze biorą udział zwykle osoby inne niż twórca modelu symulacyjnego. Gracze starają się postępować tak, jak w rzeczywistym systemie, w związku z czym w trakcie gry powinny pojawić się informacje, które mogą mieć odzwierciedlenie w rzeczywistości. Fakt, iż w grze występują osoby inne niż twórca modelu

symulacyjnego wiąże się z wieloma istotnymi czynnikami różnicującymi grę i zwykłą symulację. Pierwszym z nich jest fakt, iż w graniu należy zapewnić prostotę wprowadzania danych i otrzymywania wyników, gdyż w przeciwieństwie do twórcy modelu, gracze nie znają modelu od strony konstrukcyjnej. Drugim z czynników jest to, iż w symulacji szczegóły modelu, zasady użycia poszczególnych parametrów, znane są twórcy tegoż modelu. W graniu natomiast wzajemne zasady gry nie są znane graczom przed uruchomieniem gry i dopiero w jej trakcie można obserwować przebieg wydarzeń.

Zasadnicze różnice między graniem a zwykłą symulacją sprowadzają się do:

- symulacja dotyczy interakcji komputera z jedną osobą, badaczem, ekspertem, natomiast granie jest symulacją wieloosobową;
- granie wymaga konieczności o wiele większego przetwarzania danych niż symulacja (przy tym samym rozmiarze modelu);
- w graniu istnieje ryzyko znużenia (zmęczenia) graczy jeżeli trzeba będzie powtarzać grę wiele razy natomiast w symulacji eksperymentator uruchamia program symulacyjny i do momentu otrzymania wyników nie jest zobligowany do jakichkolwiek działań;

- eksperymentator może powtarzać symulację wiele razy, ale gra symulacyjna może w wielu przypadkach wymagać wielu różnych graczy¹⁶.

¹⁶ Ameliarczyk A, Teoria gier, WAT, Warszawa 1978.

7. Przyjęte podejście modelowania

Cykl życia systemu informatycznego¹⁷ jest procesem złożonym z ciągu wzajemnie spójnych etapów, pozwalających na pełne i skuteczne stworzenie, a następnie użytkowanie systemu informatycznego. Zazwyczaj obejmuje on okres od momentu uświadomienia potrzeby istnienia systemu, aż do momentu wycofania systemu z eksploatacji. Głównymi fazami cyklu życia systemu informatycznego są:

- analiza wymagań;
- projektowanie;
- wdrożenie;
- utrzymanie.

Systemy informatyczne tworzy się obecnie według różnych modeli cyklu życia. Nadrzędną cechą jakiegokolwiek modelu cyklu życia jest jego kompletność, oznaczająca konieczność dokładnego opisanie wszystkich faz niezbędnych do stworzenia lub użytkowania elementów systemu. Każda z faz cyklu życia systemu powinna być ściśle określona. Jej opis powinien zawierać specyfikację:

- ◆ wejść,
- ◆ wyjść,

- ◆ składników,
- ◆ funkcji,
- ◆ dokumentów,
- ◆ sprzężeń z innymi fazami.

Powyższe założenia stanowią podstawę do specyfikacji wszystkich systematycznych metod tworzenia przedsięwzięć informatycznych.

Przystępując do prac nad tworzeniem systemu informatycznego modelu growego przyjęliśmy za cyklu życia systemu model Fry'ego¹⁷. Model ten dotyczy przede wszystkim projektowania systemów z zastosowaniem baz danych. Umożliwia on także rezygnację z następujących założeń:

- ◆ na początku każdego projektu istnieje stabilny zestaw potrzeb;
- ◆ potrzeby te nie zmieniają się w trakcie życia systemu.

Założenie pierwsze nie sprawdza się przeważnie, ponieważ użytkownicy nie mają najczęściej na wstępie sprecyzowanych jeszcze potrzeb systemu, a ich specyfikacje nie zawsze są spójne. W związku z tym występują częste nieporozumienia między użytkownikami i zespołem projektowym, czego konsekwencją jest rozminięcie się funkcji faktycznie realizowanych przez system z oczekiwaniami użytkownika.

¹⁷ Ang. software life cycle.

¹⁸ Fuglewicz P., Stapor K., Trojnar A.: CASE dla ludzi. LUPUS Warszawa 1995

Założenie drugie zakłada niezmiennosc potrzeb uzytkownika w trakcie zycia systemu. Praktyka dowodzi, ze zmiany nastepuja juz w fazie projektowania systemu. Na ogol mija duzo czasu, zanim uzytkownik zrozumie cechy i zalozenia konstruowanego systemu. Takze okres miedzy specyfikacja systemu (analiza potrzeb), a testami systemu - jest zbyt dlugi, by potrzeby uzytkownika pozostaly niezmiennie.

Powyzsze przeslanki spowodowaly wybor modelu Fry'ego jako podstawy metodyki tworzenia systemu informatycznego przez zespól projektowy. W modelu Fry'ego wyroznia sie dwie fazy podstawowe: projektowania i eksploatacji, przy czym sama implementacja (kodowanie) ma miejsce w fazie eksploatacji. Z góry zaklada sie, ze system bedzie zmienial sie w trakcie eksploatacji. Cykl ten ma nastepujaca postac:

A. faza projektowania:

- ◆ sformulowanie i analiza potrzeb,
- ◆ modelowanie logiczne konceptualne (pojenciowe, konceptualne);
- ◆ projektowanie fizyczne;

B. faza eksploatacji:

- ◆ wdrozenie,
- ◆ eksploatacja i kontrola,

◆ modyfikacja i adaptacja.

W trakcie analizy potrzeb następuje zebranie potrzeb informacyjnych przyszłych użytkowników (tzn. wymagań dotyczących przyszłego systemu), co ma służyć ustaleniu zgodności celów systemu z celami użytkownika. Jest to zazwyczaj najbardziej czasochłonny, najtrudniejszy i najważniejszy etap, gdyż wynika z niego większość istotnych decyzji dotyczących kolejnych etapów projektowania systemu. Efektem etapu projektowania logicznego, zwanego również konceptualnym, jest opis modelu danych i modelu procesów w systemie. Stadium projektowania fizycznego dotyczy zaprojektowania struktury zbiorów, wzorców dokumentów, technologii przetwarzania specyfikacji programowych. Dokonuje się wyboru struktury pamięci (tzw. schemat wewnętrzny). Etap wdrożenia dotyczy stworzenia bazy danych i programów zastosowań. Na etapie modyfikacji i adaptacji następuje udoskonalenie funkcjonowania istniejącego systemu w rezultacie pojawienia się nowych potrzeb.

8. Budowa modelu

Podstawę modelu stanowią trzy podstawowe moduły:

- a. moduł scenariusza wraz z bazami obiektów i scenariuszy;
- b. moduł symulacji;
- c. moduł użytkownika (dla trzech typów użytkownika: strony A, strony B i strony koordynatora).

Moduł scenariusza przeznaczony jest do kreowania baz danych obiektów oraz scenariuszy, umożliwiając:

- opracowanie baz danych obiektów (samolotów, systemów OPL, stacji radiolokacyjnych, lotnisk, obiektów osłony/ataku);
- opracowanie i zapisanie dowolnego scenariusza;
- opracowanie baz danych LŚB;
- opracować baz danych zasobników rozpoznawczych;
- opracowanie baz danych zbiorników z paliwem;
- zdefiniowanie listy użytkowników wraz z hasłami dostępu;
- modyfikowanie wcześniej zdefiniowanych scenariuszy i baz danych, użytkowników.

Moduł symulacji jest zasadniczym elementem rozgrywania wcześniej przygotowanych scenariuszy. Zapewnia on:

- symulację w czasie rzeczywistym, z opcją zatrzymania i przyspieszania;

- podgląd wybranych parametrów obiektów biorących udział w danym scenariuszu;
- podgląd użytkowników danej sesji;
- podgląd adresów IP, zalogowanych grających/użytkowników;
- 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;

Całość symulowanych procesów jest realizowana w czasie rzeczywistym.

Moduł ten zapewnia synchronizację przetwarzania danych i generowanie wszystkich zdarzeń - niezależnie od miejsca umiejscowienia użytkownika.

Moduł użytkownika jest interfejsem dla każdej strony (każdego użytkownika). Moduł ten łączy się z modułem symulacji przetwarzającym dane szybkozmiennie i udostępnia je dedykowanym użytkownikom.

Moduł ten 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.;
- ponadto koordynator może sterować wszystkimi zasobami grających stron, w tym ich stanem położeniem, realizowanym zadaniem, itp.

8.1. Obiekty elementarne

Jednostkowymi obiektami odzwierciedlanymi w modelu są:

- ◆ samolot (grupa samolotów);
- ◆ środek przeciwlotniczy (zestaw, pododdział, oddział);
- ◆ stacja radiolokacyjna (posterunek);
- ◆ lotnisko (lądowisko, drogowy odcinek lotniskowy);

- ◆ dowolny obiekt naziemny (nawodny) mogący być przedmiotem ataku lotnictwa i obrony powietrznej.

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

Parametry te podzielono umownie na:

- ◆ parametry identyfikujące obiekt;
- ◆ parametry specyficzne dla danego obiektu;
- ◆ parametry manewrowe;
- ◆ parametry potencjału bojowego.

Samolot opisany jest 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;
- ◆ zużycie paliwa;
- ◆ pojemność zbiorników paliwa;
- ◆ pojemność zbiorników azotu;
- ◆ pojemność zbiorników tlenu;
- ◆ czas tankowania.

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 (jednoczesnego ostrzeliwania kilku celów);
- ◆ prędkość marszowa rakiety (pocisków);
- ◆ czas cyklu strzelania (zajętości KC);
- ◆ 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).

Stacja radiolokacyjna (posterunek) charakteryzowana jest następującymi

parametrami:

a. Identyfikującymi:

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

b. Specyficznymi:

- ◆ strefa rozpoznania (w funkcji wysokości);
- ◆ czas osiągnięcia gotowości bojowej.

b. Manewrowymi:

- ◆ 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).

Lotnisko opisane jest 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 są parametrami:

a. Identyfikującymi:

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

b. Specyficznymi:

- ◆ 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).

Lotnicze środki rażenia (LŚR) opisane są następującymi parametrami:

- ◆ nazwa (typ);
- ◆ prędkość marszowa (dla rakiet);
- ◆ rubież odpalania (dla rakiet);
- ◆ zasięg rażenia (dla rakiet);
- ◆ prawdopodobieństwo trafienia w cel (dla rakiet i bomb);
- ◆ moc rażenia (dla rakiet i bomb);
- ◆ przeznaczenie (do celów powietrznych, naziemnych);
- ◆ pojemność zbiornika (dla pojemników paliwa);
- ◆ promień rozpoznania (dla zasobników rozpoznawczych);

- ◆ czas opóźnienia dostarczenia informacji (dla zasobników rozpoznawczych).

8.2. Zakres decyzyjny

Uczestnicy gry są uprawnieni do dysponowania posiadanymi obiektami elementarnymi w ograniczonym zakresie. Mogą oni dysponować nimi tylko w ramach możliwości dysponowanych obiektów przypisanych na poziomie scenariusza. Uczestnicy gry A i B posiadają 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.

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;
- ◆ włącznie stacji;

- ◆ wyłączenie stacji.

W stosunku do pozostałych obiektów:

- ◆ przemieszczenie w określone miejsce.

Zdecydowanie większy zakres uprawnień decyzyjnych posiada Koordynator. Ponad wymienione uprawnienia upoważniony on jest również do:

- ◆ dysponowania obiektami strony neutralnej;
- ◆ zmiany stanów wszystkich obiektów odzwierciedlanych w grze;
- ◆ zmiany posiadanych zasobów przez wszystkich uczestników gry.

8.3. Odzwierciedlane stany i zdarzenia

Zdarzenie to istotny akt, wydarzenie, zmiana stanu, zużycie zasobu, zadziałanie, itp. – następujące w wyniku realizacji zadań przez obiekty elementarne stron, zaistniałe głównie w wyniku wzajemnego ich oddziaływania.

Zatem zdarzenia następują w wyniku podejmowanych działań przez obiekty elementarne i z ich punktu perspektywy przedstawimy najistotniejsze zdarzenia odzwierciedlane w modelu.

Zdarzenia związane z samolotem (grupa):

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);
- ◆ realizuje dołot do rubieży ataku (zużywa zasoby paliwa);
- ◆ realizuje dołot do lotniska docelowego po wykonaniu zadania (zużywa zasoby paliwa);
- ◆ po wyczerpaniu posiadanych zasobów paliwa 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).

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 (sprawny, obezwładniony, zniszczony);

✓ 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 obowiązuje pracy (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 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).

c) 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.

d) 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).

9. Ubywanie zasobów w grze

W modelu przyjęto założenie, że siła ognia wszystkich środków jednej strony nierównomiernie jest rozłożona na środki drugiej strony. Ponadto ubywanie zasobów odbywa się z różną intensywnością przez cały czas trwania pojedynku (tzn. w jednostce czasu wartość oczekiwana ubytku zasobów jest losowana w zależności od typu zdarzenia, które nastąpiło).

Taki model, oparty na zdarzeniach, można sprowadzić w sensie probabilistycznych przewidywań do funkcji wykładniczej o podstawie 2^{19} .

Pod pojęciem potencjału bojowego grupy przyjęto łączną siłę oddziaływania grupy (na potrzeby przykładu przyjęto szczególny przypadek, gdzie wartość tego parametru wynosi 1) gracza z uwzględnieniem zarówno parametrów (w sensie matematycznym wskaźników) ilościowych, jakościowych i odległościowych.

Każdy z obiektów reprezentowanych w grze będzie opisany zbiorem parametrów. Parametry te podzielono na dwa typy wskaźników:

- pierwszy typ: opisowe (informacyjne);
- drugi typ: wartościowe (ilościowe, jakościowe, odległościowe).

Potencjał bojowy grupy jest proporcjonalny do ilości środków walki znajdujących się na jej wyposażeniu w danej chwili, poza tym od efektywności

tych środków walki - względem środków przeciwnika, rodzaju prowadzonych działań i odległości do celu (przeciwnika jako celu, na który się oddziałuje).

Interpretując funkcję ubywania zasobów należy zwrócić uwagę na jedną istotną cechę tej funkcji. Jak widać z rysunku 1 podstawą funkcji jest 2 natomiast wykładnikiem iloraz mocy bojowych graczy. Funkcja ta ma bardzo ważną własność. W przypadku, gdy iloraz mocy jest równy lub zbliżony do jedności wówczas wartość tej funkcji w przybliżeniu jest równa 0,5. Interpretuję to w ten sposób, że gdy moce bojowe graczy są równe lub bardzo zbliżone do siebie, wówczas ubytek zasobów obu graczy jest taki sam (lub bardzo podobny). Im bardziej zwiększa się stosunek, np. mocy bojowej gracza A do mocy bojowej gracza B (przypuśćmy, że wynosi on 3, tzn. siły i środki gracza A powodują, że jego moc bojowa jest 3 razy większa od mocy bojowej gracza B) tym większa różnica w ilości ubywających zasobów dla obu graczy.

Bilans strat i korzyści po każdej bitwie

W celu bieżącego monitorowania stanu gry i związanych z tym stanów zasobów graczy A i B szacuje się po każdym pojedynku bilans strat i korzyści.

Ogólny bilans strat (korzyści) dla każdego z graczy jest równy sumie bilansów strat (korzyści) jakie odniósł każdy z obiektów gracza w walce.

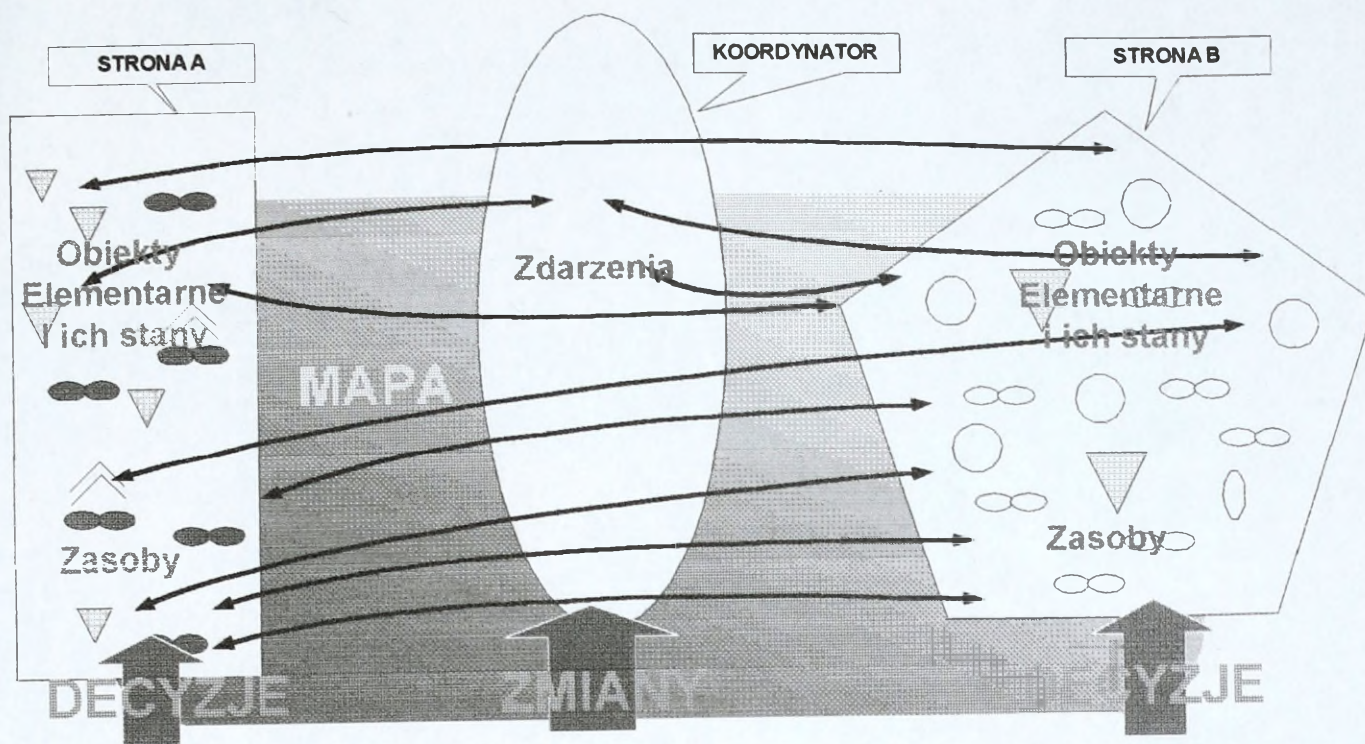
¹⁹ Ameliańczyk A, Teoria gier, WAT, Warszawa, 1978

10. Funkcjonowanie modelu

Projektowany model w swej finalnej postaci stanowił będzie zbiór programów komputerowych funkcjonujących pod kontrolą specjalnego programu zarządzającego (modułu sterującego).

W skład programów komputerowych tworzących model, oprócz programów odwzorowujących działania dysponowanych sił, wchodzić będą także programy przeznaczone do zakładania i aktualizacji banku danych (scenariusze), zobrazowania sytuacji oraz programy obsługi użytkownika (wprowadzanie danych wejściowych i wyprowadzanie informacji wynikowych).

Struktura i charakter tych programów określają istotne cechy modelu oraz jego możliwości. Mając na uwadze potrzebę reprezentowania najważniejszych z nich, celowym jest przedstawienie koncepcji funkcjonowania projektowanego modelu walki, w konwencji uwzględniającej powiązania informacyjno – funkcjonalne użytkowników modelu, a także charakter zadań i czynności przez nie wykonywanych. Ogólną koncepcję funkcjonowania modelu przedstawia rys.1.



Rysunek 1. Ogólna koncepcja funkcjonowania modelu taktycznych działań powietrznych

W momencie rozpoczęcia symulacyjnego (growego) eksperymentu (po zakończeniu całego kompleksu prac przygotowawczych), stan poszczególnych podsystemów funkcjonalnych powinien być następujący:

A W pamięci komputera znajdują się:

- programy sterujące przebiegiem symulacji;
- programy symulacyjne odwzorowujące działania bojowe ŚNP;
- programy symulacyjne odwzorowujące działania bojowe oddziałów i

pododdziałów OP;

- programy odwzorowujące działania bojowe obiektów osłony;
- programy pomocnicze odwzorowujące wybrane procesy i zjawiska pola walki oraz realizujące niezbędne procedury obliczeniowe;
- bank danych o wszystkich obiektach odwzorowywanych w grze;
- informacje odwzorowujące teren i warunki METEO rejonu działań.

W miejscach pracy kierownictwa ćwiczenia, administratora modelu, rozjemców, zespołów ćwiczących i podgrywających znajdują się komputery zabezpieczające interaktywność modelu. W zespołach ćwiczących stron znajduje się niezbędna dokumentacja (mapy, założenia do ćwiczenia, sformalizowane dokumenty bojowe, instrukcje przygotowania danych wejściowych). Użytkownicy modelu (gry) powinni zostać zapoznani z dokumentacją grową, a w szczególności z regułami gry, instrukcjami przygotowania danych wejściowych i interpretacji uzyskiwanych informacji wynikowych. W takim stanie wyjściowym, uczestnicy występujący w rolach decydentów stron otrzymują zadanie bojowe. Po jego otrzymaniu, w komórkach tych rozpoczyna się proces organizacji działań²⁰, którego zasadniczą częścią jest

²⁰ Proces organizacji walki w jej powietrznym obszarze realizowany będzie sposobem tradycyjnym.

wypracowanie decyzji o użyciu dysponowanych zasobów w celu wykonania zadań. Do przygotowania danych wejściowych, uczestnicy eksperymentu symulacyjnego wykorzystywać będą opracowany „język obsługi użytkownika”, ułatwiający wprowadzenie danych wejściowych i bieżące reagowanie na zaistniałe sytuacje w symulowanych działaniach bojowych.

Po wprowadzeniu danych wejściowych do komputerów rozpoczynają się symulowane działania podległych sił. Model w wyniku realizacji procedur decyzyjnych symuluje zdarzenia i wyniki z nich skutki, przekazując o nich meldunki w formie komunikatów. Meldunki te generowane są w momentach odpowiadających zaistniałej sytuacji w symulowanych działaniach. Na podstawie meldunków okresowych i doraźnych, po uprzedniej ocenie ich trafności przez kierownictwo ćwiczenia, jego uczestnicy dokonywać mogą stosownych korekt w sposobie realizacji zaplanowanych zadań bojowych, wprowadzając w tym celu do modelu niezbędne korekty decyzyjne. W toku gry, każdy z jej uczestników ma również możliwość bieżącego informowania i wpływania na przebieg symulowanych działań bojowych w zakresie posiadanych uprawnień.

Każdy z uczestników gry ma ponadto możliwość - przed podjęciem decyzji ostatecznej - „przegrania” wielu jej wariantów i na podstawie uzyskanych wyników dokonania wyboru decyzji optymalnej w założonej sytuacji operacyjno-taktycznej.

Gra może być zakończona po wykonaniu przez ćwiczące strony określonych zadań, w wyniku poniesienia strat, uniemożliwiających prowadzenie dalszej walki, albo w wyniku decyzji kierownictwa ćwiczenia.

Ze względu na zakres i stopień szczegółowości informacji niezbędnych do przeprowadzenia growego eksperymentu symulacyjnego, w procesie funkcjonowania modelu wyróżnić można następujące fazy:

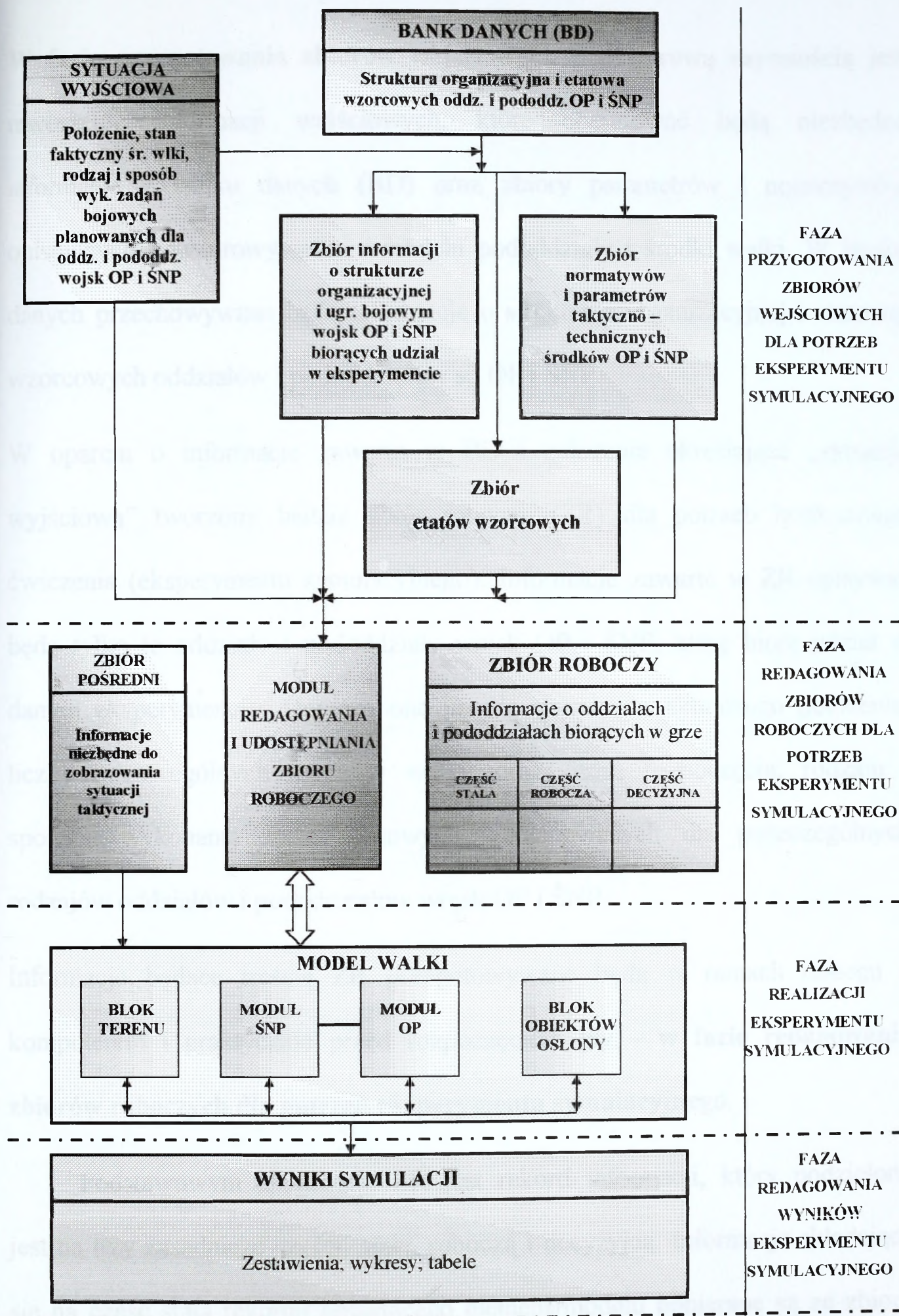
Przygotowania zbiorów wejściowych dla potrzeb eksperymentu symulacyjnego.

- Redagowania zbiorów roboczych.
- Realizacji eksperymentu symulacyjnego.
- Redagowania wyników eksperymentu symulacyjnego.

Zakres zadań i czynności w wymienionych fazach szczegółowo ilustruje rysunek 2.



Rysunek 2. Zakres przedsięwzięcia modelowego z punktu widzenia ćwiczących



Rysunek 2. Zakres przedsięwzięć niezbędnych przy zastosowaniu modelu.

W fazie przygotowania zbiorów wejściowych podstawową czynnością jest utworzenie informacji wejściowych, które obejmować będą niezbędne informacje z banku danych (BD) oraz zbiory parametrów i normatywów opisujących odwzorowywane w modelu pododdziały i środki walki. W banku danych przechowywane będą informacje o strukturze organizacyjnej i etatowej wzorcowych oddziałów i pododdziałów sił OP i ŚNP.

W oparciu o informacje zawarte w BD i założenia określające „sytuację wyjściową” tworzony będzie zbiór roboczy (ZR) dla potrzeb konkretnego ćwiczenia (eksperymentu symulacyjnego). Informacje zawarte w ZR opisywać będą tylko te oddziały i pododdziały wojsk OP i ŚNP, które biorą udział w danym eksperymencie. Dotyczą one przede wszystkim aktualnego położenia, liczby poszczególnych środków walki, oraz czasu rozpoczęcia, rodzaju i sposobu wykonania zadań bojowych, zaplanowanych dla poszczególnych rodzajów oddziałów i pododdziałów wojsk OP i ŚNP.

Informacje będące treścią ZR przygotowywane będą w ramach dialogu z komputerem i praktycznie przed rozpoczęciem gry – **w fazie redagowania zbiorów roboczych dla potrzeb eksperymentu symulacyjnego.**

Podstawowym elementem ZR jest rekord informacji, który podzielony jest na trzy zasadnicze części: stałą, roboczą i decyzyjną. Informacje składające się na część stałą rekordu opisującego element modelu pobierane są ze zbioru danych stałych modelu i dotyczą one stanu etatowego środków walki.

Informacje składające się na część roboczą rekordu powstają w trakcie realizacji eksperymentu symulacyjnego.

Informacje składające się na część decyzyjną rekordu opisują podejmowane przez użytkowników gry decyzje, stanowiące jednocześnie odbicie treści rozkazów i zarządzeń przekazywanych do walczących wojsk w rzeczywistych warunkach powietrznego pola walki.

Etap realizacji eksperymentu symulacyjnego stanowi istotę funkcjonowania modelu. Sterowanie procesem symulacji odbywa się przy użyciu programu zarządzającego, a informacje wejściowe niezbędne do funkcjonowania modelu udostępniane będą poszczególnym modułom za pośrednictwem tzw. modułu redagowania i udostępniania zbioru roboczego, który umożliwi:

- ◆ tworzenie, aktualizację i udostępnienie zbioru danych stałych;
- ◆ tworzenie, aktualizację i udostępnienie zbiorów roboczych;
- ◆ określenie obszaru terytorialnego na którym prowadzone będą działania bojowe;
- ◆ prowadzenie dialogu z użytkownikami gry.

Podstawowymi funkcjami programu zarządzającego będzie:

- ◆ wywołanie poszczególnych modułów, zadając aktualny czas;
- ◆ umożliwienie korzystania z tablic umieszczonych w zbiorze danych stałych;

- ◆ wyznaczenie kwantu czasu, po upływie którego nastąpić powinna zmiana stanu symulowanych obiektów;
- ◆ dokonywanie aktualizacji zbiorów roboczych o nowe decyzje użytkowników, po każdym kwancie czasu obsługi zdarzenia istotnego;
- ◆ odnotowywanie upływu czasu od poprzedniego cyklu symulacyjnego;
- ◆ śledzenie czasu i w zależności od jego wartości, uruchamianie podprogramów: meldunków o stanie, położeniu i działaniu symulowanych pododdziałów; zobrazowania w formie graficznej sytuacji taktycznej i obliczania strat;
- ◆ przekazywanie sterowania z poszczególnych modułów.

W poszczególnych modułach modelu sprawdzony jest stan realizacji zadań przez każdy z elementów modelu, po upływie wyznaczonego kwantu czasu. Wielkość kwantu czasu jest wyznaczona w czasie przeglądania wszystkich elementów modelu i stanowi ona najmniejszą chwilę czasową, niezbędną do zakończenia jednego zdania przez elementy modelu.

W czasie analizy zadań realizowanych przez elementy modelu określane są skutki wzajemnego oddziaływania wszystkich elementów występujących w modelu, a ponadto aktualizowane jest ich położenie oraz stan wszelkich zasobów.

Przeglądanie wszystkich wyróżnionych elementów modelu odbywa się cyklicznie co oznacza, że analizie podlega każdy z nich po upływie tego samego kwantu czasu. W toku przeglądania elementów modelu, na skutek zmiany ich stanu, zmienia się stan modelu, a to jest jednoznaczne ze zmianą odwzorowywanych zjawisk i procesów na polu walki.

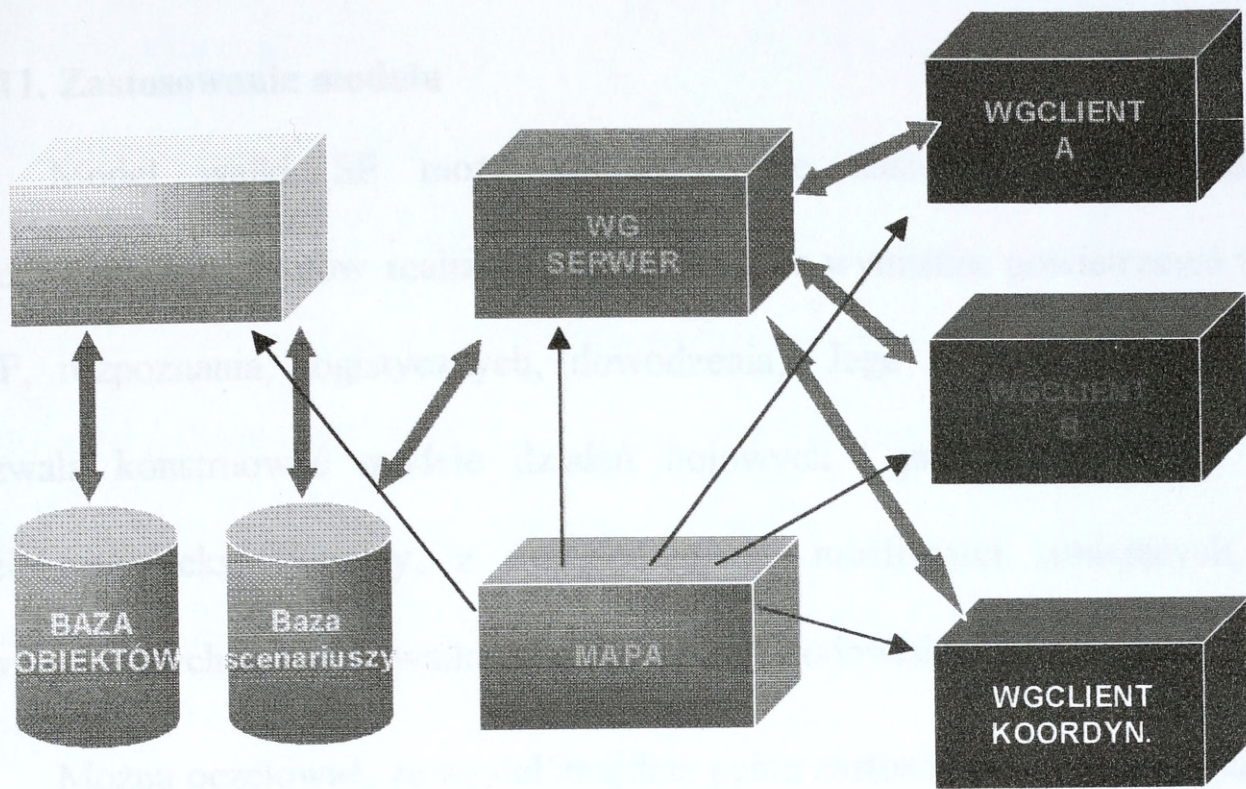
Etap redagowania wyników eksperymentu symulacyjnego jest ostatnim w procesie przetwarzania danych w modelu.

Po zakończeniu procesu symulacji uruchamiane będą procedury obliczeniowe i edycyjne, które powinny wyprodukować informacje typu zestawień wynikowych i zobrazowań graficznych.

Uzyskane wyniki powinny dotyczyć informacji głównie o:

- ◆ zachowaniu się poszczególnych elementów podczas eksperymentu symulacyjnego;
- ◆ stanie dysponowanych (występujących w symulacji) środków oraz ilości zużytych zasobów.

Grupy plików roboczych modelu obrazuje rys. 3.



Rys. 3. Grupy plików roboczych modelu

11. Zastosowanie modelu

Model walki SP może znaleźć pełne zastosowanie w badaniu rzeczywistych systemów realizujących zadania w wymiarze powietrznym (OP, ŚNP, rozpoznania, logistycznych, dowodzenia). Jego symulacyjny charakter pozwala konstruować modele działań bojowych i przeprowadzać na nich wielokrotne eksperymenty, z uwzględnieniem możliwości istniejących, ale również nowych środków walki oraz warunków środowiskowych.

Można oczekiwać, że model znajdzie pełne zastosowanie w następujących sferach działalności sił zbrojnych:

- ◆ w sferze badań naukowych – jako metoda pozwalająca lepiej zrozumieć i wyjaśnić złożone problemy funkcjonowania systemów uzbrojenia, bez konieczności eksperymentowania na systemach rzeczywistych;
- ◆ w sferze badań efektywności systemów walki, a w szczególności środków walki – jako metoda oceny przydatności i skuteczności tych systemów w przyszłych działaniach bojowych, we wzajemnej konfrontacji;
- ◆ w sferze dowodzenia – jako środek pozwalający analizować i oceniać różne warianty decyzji, stwarzając w ten sposób warunki do podejmowania racjonalnych decyzji;
- ◆ w sferze kształcenia – jako narzędzie usprawniające przygotowanie kadr dowódczo – sztabowych.

Szczególne zastosowanie modelu widzimy w sferze badań efektywności systemów OP i ŚNP. Model bowiem powinien przyczynić się do ujawnienia, a następnie do wyjaśnienia i rozwiązania złożonych, często kontrowersyjnych problemów współczesnego powietrznego pola walki. Stosując eksperyment symulacyjny można sprawdzić przydatność nowych zasad prowadzenia działań bojowych i wykorzystania nowych środków walki, z uwzględnieniem przeciwdziałania przeciwnika oraz warunków w jakich będzie rozgrywana ta walka.

Model stwarza możliwość badania złożonych systemów walki w wybranym wymiarze czasowym i przestrzennym. Obserwacje zmian zachodzących w tych procesach mogą prowadzić do istotnych usprawnień organizacyjnych, funkcjonalnych i informacyjnych. Eksperyment symulacyjny może wykazać, które elementy systemów są najistotniejsze, a które najsłabsze lub najbardziej obciążone.

Wszechstronna analiza możliwych obszarów zastosowań modelu SP wskazuje, że szczególnie użyteczną funkcję spełniać on może jako narzędzie doskonalenia kadr dowódczo – sztabowych. Wykorzystanie modelu w tym charakterze umożliwi między innymi:

- ◆ symulowanie przebiegu działań bojowych wojsk, szczególnie OP i ŚNP dla różnych wariantów decyzji;
- ◆ wybór wariantu najlepszego w danej sytuacji taktyczno–operacyjnej;

- ◆ sprawdzanie stopnia trafności podejmowanych decyzji przez ćwiczących;
- ◆ usprawnienie pracy zespołu autorskiego nad opracowaniem założeń i przeprowadzeniem ćwiczenia;
- ◆ wspomaganie procesu opracowywania ćwiczeń w formie gier wojennych (wypracowanie koncepcji i scenariusza rozegrania działań bojowych);
- ◆ usprawnienie kierowania przebiegiem ćwiczenia i wzbogacanie rozgrywanych sytuacji o elementy zbliżone do rzeczywistych procesów walki wojsk OP z ŚNP;
- ◆ prezentację zasad dowodzenia, głównie w aspekcie uwarunkowań informacyjno – czasowych pomiędzy poszczególnymi ogniwami i fazami procesu podejmowania decyzji;
- ◆ bieżące reagowanie gry na przebieg symulowanych działań bojowych przez uczestników;
- ◆ sprawdzenie znajomości zasad dowodzenia oraz zasad sztuki wojennej;
- ◆ oceną wpływu stopnia trafności podejmowanych decyzji na efektywność działań bojowych;
- ◆ nauczanie wielostronne, polegające na jednoczesnym rozwiązywaniu złożonych problemów decyzyjnych, pojawiających się w procesie przebiegu gry, z poznaniem przedmiotu, pojęć i metod badawczych takich dyscyplin jak cybernetyka, informatyka, modelowanie matematyczne, psychologia itd.;

- ◆ indywidualizację nauczania, polegającą na uczeniu się w rytmie i w formie odpowiedniej do możliwości percepcyjnych i intelektualnych studenta (słuchacza kursu);
- ◆ nauczanie myślenia w kategoriach systemowych, co uzyskuje się poprzez odwzorowanie w modelu takiej ilości elementów i takiego obszaru zjawisk oraz procesów modelowanego systemu walki SP, którego dokładna analiza i ocena funkcjonowania możliwa jest przy stosowaniu reguł myślenia systemowego;
- ◆ nauczanie myślenia alternatywnego, poprzez rozgrywanie wielu wariantów podejmowanych decyzji, często diametralnie różnych, których skutki trudne są do przewidzenia bez przeprowadzenia symulacyjnych eksperymentów growych;
- ◆ nauczanie praktycznego posługiwania się wybranymi technicznymi środkami informatyki, co sprzyja z jednej strony pokonywaniu istniejących u wielu uczestników gry barier psychologicznych, które uwarunkowane są innowacyjnym charakterem gry oraz niezajomością metod i środków informatyki, z drugiej zaś przyczynia się do kształtowania wysokiej kultury technicznej;
- ◆ uczenie się poprzez „przewidywanie”, a nie po skutkach błędnie podjętych decyzji;
- ◆ kształcenie w duchu innowacji i nieszablonowości;

- ◆ nauczanie poprawnego toku rozumowania poprzez możliwość bieżącego obserwowania wpływu podejmowanych decyzji na przebieg symulowanych działań bojowych;
- ◆ inicjowanie takiego działania uczestników gry, które wyzwala ich aktywność w stopniu nieporównywalnie większym niż to ma miejsce w innych metodach nauczania;
- ◆ głębsze poznanie zjawisk i procesów walki poprzez fakt, że model angażuje intelektualnie i emocjonalnie uczestników gry w stopniu znacznie większym niż inne metody aktywnego kształcenia;
- ◆ inicjowanie u uczestników symulacyjnej rozgrywki nowych pomysłów, idei, a także nowych problemów, co uzyskuje się poprzez stworzenie warunków (bieżące dostarczanie różnorodnych informacji o przebiegu symulowanych działań bojowych) do wnikliwej analizy zjawisk i procesów powietrznego pola walki;
- ◆ wielokrotne wykorzystanie modelu dla różnych scenariuszy i danych wejściowych o modelowanym systemie walki SP i jego otoczeniu.

Przedstawione efekty wykorzystania modelu jako narzędzia doskonalenia kadr dowódczo-sztabowych nie wyczerpują z pewnością wszystkich możliwości w tym względzie. Pozwalają jednak na wykazanie jego uniwersalnego charakteru.

Projektowany model, oprócz zastosowań dydaktycznych i szkoleniowych, powinien znaleźć również zastosowania naukowo-badawcze. Wykorzystanie modelu w tym charakterze umożliwi:

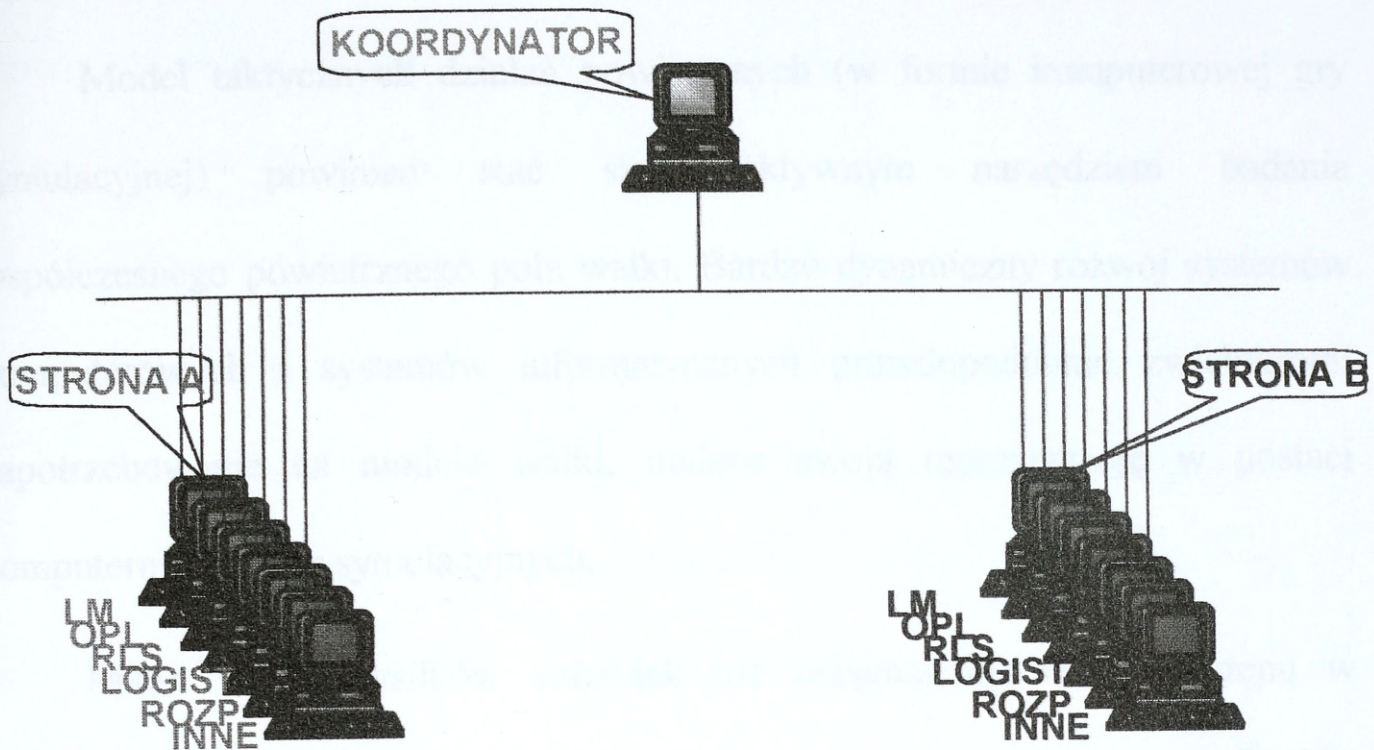
- ◆ ocenę wpływu na przebieg i skuteczność działań bojowych między innymi:
 - ✓ struktury organizacyjnej wojsk;
 - ✓ struktury ugrupowania bojowego pododdziałów i oddziałów;
- ◆ terenu, stosunku sił, skuteczności ogniowego oddziaływania pododdziałów i oddziałów wojsk OP i ŚNP;
- ◆ prognozowanie rozwoju struktury organizacyjnej oraz przebiegu symulowanych działań bojowych pododdziałów i oddziałów SP;
- ◆ badanie wzajemnych uwarunkowań i zależności informacyjnych, organizacyjnych, funkcjonalnych i decyzyjnych systemu walki będącego przedmiotem gry;
- ◆ prowadzenie kompleksowych badań systemu będącego przedmiotem modelu w założonych warunkach hipotetycznych, związanych z szeroko rozumianą strukturą systemu walki SP jak i jego otoczenia.

Model walki w obszarze zastosowań naukowych spełniać może także funkcję weryfikacyjną i formalizacyjną oprócz swojej podstawowej funkcji poznawczej.

Poznawcza funkcja modelu przejawia się z całą siłą w procesie jej projektowania. Nigdy bowiem stan wiedzy o modelowanym systemie walki SP nie jest taki, aby zespół projektowy znał całą specyfikę funkcjonowania systemu. Poznawcze funkcje modelu oceniamy bardzo wysoko.

Weryfikacyjna funkcja modelu ujawnia się szczególnie w procesie eksperymentu growego, podczas ścierania się różnych koncepcji i hipotez „wkomponowanych” w mechanizm gry, jak i formułowanych przez jej uczestników. Funkcję tę spełnia model szczególnie wówczas, gdy jej integralnym elementem jest moduł oceny podejmowanych decyzji przez uczestników gry.

Wyniki projektowania modelu walki oraz spostrzeżenia uzyskane przez jej uczestników powinny umożliwić także formalny opis wybranych obszarów funkcjonowania systemu walki SP, będącego przedmiotem gry, jak również pozwalają na formalny opis postępowania uczestników ćwiczenia, przy rozwiązywaniu złożonych problemów decyzyjnych, w różnych sytuacjach operacyjno-taktycznych. Ogólną ideę zastosowania modelu jako gry przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Idea zastosowania modelu jako gry

Zakończenie

Model taktycznych działań powietrznych (w formie komputerowej gry symulacyjnej) powinien stać się efektywnym narzędziem badania współczesnego powietrznego pola walki. Bardzo dynamiczny rozwój systemów komputerowych i systemów informatycznych prawdopodobnie zwielokrotni zapotrzebowanie na modele walki, mające swoją reprezentację w postaci komputerowych gier symulacyjnych.

Mimo wielu wysiłków człowiek nie osiągnął znacznego postępu w systematycznym rozumieniu zagadnień związanych z prowadzeniem walk. Nie zgromadził też w sposób usystematyzowany wiedzy na temat badanych zjawisk występujących w powietrznym wymiarze. Powszechnie wiadomo, że zagadnienia związane z: działaniami bojowymi, zaopatrzeniem i organizacją zabezpieczenia logistycznego, dowodzeniem, sfera informacyjną - są wciąż trudne do zdefiniowania, sformułowania i rozwiązania. Istnieją tylko elementarne metody, które można zastosować w badaniu współczesnego pola walki.

Dotychczasowe próby uogólnienia nagromadzonych doświadczeń w prowadzeniu bitew i wojen oraz nadania im rangi metod naukowych są w dużej mierze wynikiem bardzo skomplikowanych procesów, które charakteryzują te zjawiska. W powietrznych działaniach biorą udział zmienne, które w sposób dynamiczny oddziałują na siebie. Poszczególne operacje najczęściej nie

powtarzają się. Ich przebieg nie jest dokumentowany w dostatecznie ścisłej formie. W związku z tym przebieg działań bojowych nie stanowi stosownego materiału doświadczalnego, a uzyskane informacje tylko w stopniu ograniczonym mogą być wykorzystane jako pomoc w analizach naukowych.

Wprowadzenie do arsenałów uzbrojenia wojsk jakościowo nowych środków walki i związane z tym zmiany w poglądach i prowadzeniu współczesnych działań bojowych wywierają istotny wpływ na formy i metody dowodzenia wojskami. Wymaga to krytycznej oceny zgromadzonych już doświadczeń – w praktyce szkolenia wojsk. Istotny wpływ na skuteczność i efektywność dowodzenia wojskami wywiera i wywierać będzie doskonała znajomość przez dowódców i oficerów sztabowych zjawisk i procesów zachodzących na współczesnym polu walki, a także umiejętność wykorzystania jak najszerszego zakresu metod wspomagających proces podejmowania decyzji w kierunku jego optymalizacji.

Umiejętności w zakresie projektowania, programowania i wykorzystania komputerowych gier symulacyjnych, traktowanych jako przede wszystkim metody aktywizujące proces dowodzenia w stopniu nieporównywalnie większym, niż to ma miejsce w tradycyjnych grach wojennych, uznawane są w wielu armiach jako wyraz intelektualnej dominacji nad potencjalnym przeciwnikiem²¹.

²¹ Barczak A., Komputerowe gry wojenne, Bellona, Warszawa 1996.

Rezultatem praktycznej realizacji metodyki projektowania prezentowanego symulacyjnego modelu walki jest opracowana koncepcja jego funkcjonowania. Konstruując model, przewidziano odwzorowanie takiego obszaru zjawisk i procesów oraz wkomponowania w model takich zbiorów informacji, które pozwalają, z dużym stopniem prawdopodobieństwa sądzić o wystarczającej adekwatności modelu do odzwierciedlanej rzeczywistości walki SP. Przyjęte w procesie modelowania założenia i podstawy teoretyczne, odpowiadają założeniom nauk wojskowych oraz teorii i praktyki SP. Przy konstruowaniu modelu uwzględniono także obowiązujące zasady walki SP, perspektywy rozwoju sposobów i środków walki, a także bazowano na znajomości taktyki i techniki działania wojsk.

Prezentowane założenia dają podstawę do oczekiwania, że model będzie dzwierciedlił strukturę i funkcjonowanie stron zaangażowanych w walkę w jej powietrzno-lądowym obszarze.

W opracowaniu zostały przedstawione założenia, które powinny stanowić bazę teoretyczną budowanego modelu.

Bibliografia

1. Adamczewski P., Zintegrowane systemy informatyczne, MIKOM, Warszawa 1998.
2. ADATP-3 – System formatowania tekstów wiadomości w NATO.
3. Antczak S., Komputerowy model symulacyjny działań bojowych lotnictwa i wojsk w systemie obrony powietrznej – model 4 – materiały na konferencję naukową nt. „Modelowanie symulacyjne walki zbrojnej”, AON, Warszawa 1991.
4. Barczak A., Komputerowe gry wojenne, Bellona, Warszawa 1996.
5. Bis B., Janicki A., Orzeszko E., Staniec H., Organizacja i zasady prowadzenia obrony powietrznej przez wojska lotnicze i obrony powietrznej, WAT, Warszawa 1995.
6. Chojnacki A., Elementy matematyki współczesnej, WAT, Warszawa 1982.
7. Coad P., Yourdon E., Analiza obiektowa, Oficyna Wydawnicza Read Me, Warszawa, 1994.
8. Davis P., Hersh R., Świat matematyki, PWN, Warszawa, 1994.
9. Deo N., Teoria grafów i jej zastosowania w technice i informatyce, PWN, Warszawa 1980.
10. Descartes R., Rozprawa o metodzie, Warszawa 1970.
11. Flanek C., Analiza systemowa i metodologia modelowania systemowego – część I – Analiza systemowa w praktyce wojsk OPL, AON, Warszawa 1993.
12. Flanek C., Metodologia projektowania systemów informatycznych, AON, Warszawa 1995.
13. Glenford J., Projektowanie niezawodnego oprogramowania, WNT, Warszawa 1980.
14. Gnybek J., Oracle, Helion, Gliwice 1997.

15. Grzelka A., Makowski P., Określenie promieni taktycznych samolotów myśliwsko- bombowych i myśliwskich metodami symulacji komputerowej – „Promień”, AON, Warszawa, 1995.
16. Grzelka A., Makowski P., Systemy nawigacyjne, AON, Warszawa 1995.
17. Grzelka A., Makowski P., WSP-KOM-LSP – wspomaganie komputerowe w systemach kierowania lotnictwem, AON, Warszawa 1997.
18. Grzelka A., Modelowanie działań bojowych lotnictwa - część pierwsza - pokonywanie lotniczych środków obrony powietrznej przez lotnictwo sił powietrznych, AON, Warszawa 1998.
19. Huzarski M., Zmiany w teorii Taktyki ogólnej wojsk lądowych, AON, Warszawa 1998.
20. Instrukcja eksploatacji i użytkowania programu komputerowego „Efektywność systemów OP NATO”, ASG, Warszawa 1988.
21. Jackson M., System Development, C.A.R.Hoare Series, Prentice Hall Inc., 1983.
22. Kołodziński E., Modelowanie matematyczne, WAT, Warszawa 1992.
23. Kotarbiński T., Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk, PWN, Warszawa 1986.
24. Kotarbiński T., Hasło dobrej roboty, Wiedza Powszechna, Warszawa 1984.
25. Kotarbiński T., Traktat o dobrej robocie, Ossolineum, Wrocław 1982.
26. Koziół J., Decyzje w dowodzeniu, AON, Warszawa 1998.
27. Lavi J.Z., Winokur M., Embedded computer systems: requirements analysis specification: An industrial course, SEI Conference Virginia 1988.
28. Lipowska D., Reprezentacje semantyczne w komputerowych systemach przetwarzania języka naturalnego, UAM, Poznań 1991.
29. Łaniec J. D., Elementy statystyki dla pedagogów, Wyższa Szkoła Pedagogiczna Olsztynie, Olsztyn 1994.
30. Łukasz S., Magia gier wirtualnych, MIKOM, Warszawa 1998.

31. Maro L., Ufnalski A., Komputer bliżej projektanta – poradnik, Arkady, Warszawa 1978.
32. Modelowanie działań bojowych lotnictwa - część druga – określenie wybranych wskaźników możliwości bojowych śmigłowców p.k. MODBL-HUZAR, AON, Warszawa 1998.
33. Nielsen K., Designing Large Real-time Systems With ADA, Multiscience Press Inc., 1988.
34. Nowicki T., Modelowanie matematyczne metody symulacyjne, WAT, Warszawa 1994.
35. Nowicki Tadeusz, Modelowanie matematyczne, WAT, Warszawa 1994.
36. Organizacja badań ankietowych w wojsku. Poradnik praktyczny, Praca zbiorowa, WAP, Warszawa 1983.
37. Papis S., Metodologia i metody nauk empirycznych, PWN, Warszawa 1985.
38. Piela L., Ratajczak M., Antosiewicz A., Mickiewicz R., Mrowiec T., Wieleba R., Ogólna ocena realizacji symulatora tła taktyczno-operacyjnego, ASG WP, Warszawa 1985.
39. Porębski W., Obiektowe języki programowania, HELP, Warszawa 1994.
40. Ratajczak M., Mrowiec., Wieleba R., Symulacyjny model działań bojowych szczebla taktycznego Model-5T, AON, Warszawa 1996.
41. Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F., Lorensen W., Object-Oriented Modeling and Design, Prentice-Hall Inc., 1991.
42. Sienkiewicz P., Analiza systemowa podstawy i zastosowania, Bellona, Warszawa 1994.
43. Sienkiewicz P., Inżynieria systemów kierowania, PWE, Warszawa 1988.
44. Sienkiewicz P., Inżynieria systemów, MON, Warszawa 1983.
45. Sienkiewicz P., Metodyka stosowania analizy systemowej w wojsku, ASG WP, Warszawa 1988.
46. Sienkiewicz P., Teoria efektywności systemów kierowania, ASG WP, Warszawa 1979.

47. Słownik informatyki, WNT, Warszawa 1989
48. Ward P.T., Mellor S.J., Structured Development for real-time systems, Yourdon Computing Series, Yourdon Press, Prentice Hall Inc., 1985.
49. Wassermann A.I., Pircher P.A., Muller R.J., Concepts of Object-Oriented Structured Design, Interactive Development Environments Inc., 1989.
50. Wieczorkowski R., Zieliński R., Komputerowe generatory liczb losowych, WNT, Warszawa 1997.
51. Yourdon E., Współczesna analiza strukturalna, WNT, Warszawa, 1996.
52. Zajas S., Nowak J., Cieślak E., Gruszczyński J., Wybrane aspekty doktryny sił powietrznych NATO, AON, Warszawa 1997.
53. Zrodowski B., z zespołem. Model walki sił powietrznych, tom 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, AON, Warszawa 2000 – 2001.
54. Zrodowski B., Instrukcja eksploatacji i użytkowania programu komputerowego „Efektywność systemów OP NATO, ASG WP, Warszawa 1988.
55. Zrodowski B., Kowalewski M., Podstawy obrony powietrznej ogólnowojskowego związku operacyjnego, ASG WP, Warszawa 1989.
56. Zrodowski B., Kuriata R., Glen A., Model walki sił powietrznych pod kryptonimem „Walka POW – 4” – czwarty etap badań, AON, Warszawa, 1997.
57. Zrodowski B., Kuriata R., Glen A., Model walki sił powietrznych pod kryptonimem „Walka POW – 4” – piąty etap badań, AON, Warszawa, 1998.
58. Zrodowski B., Obrona Powietrzna, AON, Warszawa 1995.
59. Zrodowski B., Rozwiązywanie problemów obrony powietrznej i przeciwlotniczej z wykorzystaniem techniki mikrokomputerowej – skrypt, AON, Warszawa 1992.
60. Zrodowski B., Szydłowski A., Maskowanie w obronie powietrznej, AON., Warszawa 1995.

61. Zdrodowski B.: Teoria obrony powietrznej wojsk operacyjnych. AON.
Warszawa 1994.
62. Zych Jan, II Międzynarodowa Konferencja: Media a edukacja, Poznań 1998.