

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19



AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

Por. mgr inż. Jan ZYCH

MODEL WALKI SIŁ OBRONY POWIETRZNEJ SZCZEBŁA TAKTYCZNEGO

Rozprawa doktorska



63761

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/5009



05-005009-002-0





AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

Por. mgr inż. Jan ZYCH

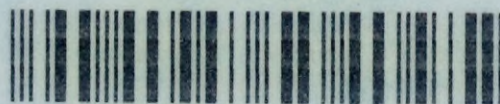
MODEL WALKI SIŁ OBRONY POWIETRZNEJ SZCZEBŁA TAKTYCZNEGO

Rozprawa doktorska



63761

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/5009



05-005009-002-0

WARSZAWA

2002

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ



por. mgr inż. Jan ZYCH

MODEL WALKI SIŁ OBRONY POWIETRZNEJ SZCZEBLA TAKTYCZNEGO

Rozprawa doktorska



PROMOTOR

plk dr hab. inż. Bogdan ZDRODOWSKI

W A R S Z A W A

2 0 0 2

ACADEMIA DOROT KARDOVITZ

ACADEMIA DOROT KARDOVITZ



1983

SPIS TREŚCI

Wyjaśnienie skrótów	4
1. Założenia badawcze	12
1.1. Cel badań i interpretacja podstawowych terminów	12
1.2. Problemy badawcze i robocze hipotezy ich rozwiązania	16
1.3. Zadania badawcze	19
1.4. Metody i techniki badawcze	20
1.5. Literatura przedmiotowa	34
2. Przedmiot badań	40
2.1. Obrona powietrzna	41
2.2. Szczebel taktyczny	44
2.3. Komponenty przedmiotu badań	47
2.3.1. Dowodzenie	48
2.3.2. Sytuacja operacyjno-taktyczna	57
2.3.3. Lotnictwo	59
2.3.3.1. Zakres modelowania	59
2.3.3.2. Wskaźniki opisujące	63
2.3.4. Wojska OPL	67
2.3.4.1. Zakres modelowania	67
2.3.4.2. Wskaźniki opisujące	69
2.3.5. Wojska radiotechniczne i elektroniczne	78
2.3.5.1. Zakres modelowania	78
2.3.5.2. Wskaźniki opisujące	79
2.3.6. Obiekty uderzeń	92
2.3.6.1. Zakres modelowania	95
2.3.6.2. Wskaźniki opisujące	100
3. Model jako komputerowa gra symulacyjna	117
3.1. Aparat pojęciowy	117
3.2. Założenia i ograniczenia zapisu formalnego	123
3.2.1. Oznaczenia	127
3.2.2. Model ubywania zasobów	128
3.2.3. Bilans strat i korzyści	134
3.3. Koncepcja systemu informatycznego	135
3.3.1. Komunikacja	136
3.3.2. Metoda symulacji - a czas cyklu	139

3.3.3. Tło mapowe.....	141
3.3.3.1 Atrybuty opisowe	145
3.3.3.2. Związki między komponentami mapy	145
3.3.4. Aplikacje scenariusza (WGSCEN)	147
3.3.5. Aplikacje serwera (WGSERVER)	150
3.3.6. Aplikacje użytkownika (WGCLIENT)	150
3.3.7. Struktura techniczna.....	151
3.3.8. Struktura informacyjna - a obiektowość	151
3.3.9. Interfejs z użytkownikiem.....	153
4. Funkcjonowanie i zastosowania modelu	156
4.1. Funkcjonowanie modelu	156
4.2. Przygotowanie gry.....	156
4.2.1. Kreowanie nowego obiektu w bazie danych.....	157
4.2.2. Definiowanie grających.....	162
4.2.3. Import bazy danych.....	162
4.2.4. Redagowanie scenariusza.....	163
4.3. Granie (przykład)	163
4.3.1. Nowa rozgrywka	164
4.3.2. Kontynuacja wcześniej rozegranych epizodów	165
4.4. Komunikaty	165
4.5. Rejestr zdarzeń	165
4.6. Porównanie potencjałów	168
4.7. Przewidywane zyski.....	169
ZAKOŃCZENIE.....	171
BIBLIOGRAFIA.....	173
Załącznik nr 1 - Przykładowe, ogólne opisy komponentów, obiektów i subobiektów będących przedmiotem badań.....	180
Załącznik nr 2 - Opis środowiska ORACLE	191

Wyjaśnienie skrótów

AD – ang. Air Defense – obrona powietrzna.

AEWF - ang. Airborne Early Warning Forces - siły wczesnego wykrywania i ostrzegania.

ANSI – ang. American National Standards Institute - instytucja, która określa w USA standardy protokołów sieciowych i przetwarzania informacji.

AOCC – ang. Air Operations Coordination Centre – Centrum Koordynacji Działań Powietrznych (działań lotnictwa) na szczeblu Korpusu Wojsk Lądowych.

AOD - ang. Air Operations Directive - Dyrektywa Operacyjna Sił Powietrznych.

API – ang. Application Programming Interface - interfejs dla programów użytkowych; zbiór formatów wymiany informacji i elementów języka, których aplikacje używają odwołując się do funkcji realizowanych przez inne programy, systemy komunikacyjne albo sterowniki sprzętu.

AŚO - aktywne środki obrony.

ATM – ang. Asynchronous Transfer Mode - zorientowana połączeniowo technika sieciowa, która w najniższej warstwie używa małych komórek o ustalonym rozmiarze. Za pomocą ATM można będzie przysyłać głos, obraz i dane przy użyciu pojedynczej techniki transmisji.

ATO – ang. Air Task Order – rozkaz bojowy dla sił powietrznych.

ATP – ang. Allied Tactical Publications - Publikacje Taktyczne Sojuszu.

BD – baza danych.

CAOC – Combinet Air Operations Centere - Połączony Ośrodek Dowodzenia Sił Powietrznych.

CAOP – Centrum Automatyzacji Obrony Powietrznej.

CASE – ang. Computer Aided Software Engineering – Inżynieria Oprogramowania Wspomagana Komputerowo.

CD – ang. Compact Disc – dysk kompaktowy.

COP – Centrum Operacji Powietrznych.

CRC – ang. Control and Reporting Center – Ośrodek Kontroli i Powiadamiania.

DeCA – ang. Defensive Counter Air – działania defensywne skierowane przeciwko przeciwnikowi powietrznemu, obrona defensywna, walka ze środkami napadu powietrznego przeciwnika w powietrzu, obrona powietrzna.

DOL – drogowy odcinek lotniczy.

DWLOP – Dowództwo Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej.

FDDI – ang. Fiber Distribution Data Interface - oparta na światłowodach technika sieci z krążącym znacznikiem.

FIFO – ang. First Into First Out – pierwszy wchodzący pierwszy wychodzący.

GB – gotowość bojowa.

GO – grupa operacyjna.

HNS – ang. Host National Support – wsparcie siłami narodowymi.

IASD – Instytut Automatykacji Systemów Dowodzenia.

IBM PC - ang. International Business Machine Personal Computer - architektura komputerów osobistych oparta na procesorze 8086/8088.

ICAOC – ang. Combined Air Operations Center - Tymczasowy Połączony Ośrodek Dowodzenia Sił Powietrznych.

ISDN – ang. Integrated Services Digital Network - nazwa usługi sieciowej

KOP – korpus obrony powietrznej.

NCA – ang. Network Computing Architecture – Sieciowa Architektura Komputerów.

NATINADS – NATO Integrated Air Defence – Zintegrowana Obrona Powietrzna NATO.

NATO – ang. North Atlantic Treaty Organization – Organizacja Traktatu Północnoatlantyckiego.

OCA – ang. Offensive Counter Air – ofensywne działania sił powietrznych przeciwko siłom powietrznym przeciwnika.

ODBC – ang. Open Database Connectivity - mechanizm dostępu do bazy danych.

ODN – Ośrodek Dowodzenia i Naprowadzania.

OLE – ang. Object Linking and Embedding - łączenie i osadzanie obiektów - sposób na integrowanie obiektów z różnych aplikacji.

OP - obrona powietrzna.

OPL – obrona przeciwlotnicza.

OPTASK – ang. Operational Tasking – stawianie zadań na szczeblu operacyjnym.

PL/SQL – ang. programming language – Język Programowania i ang. Structured Query Language - strukturalny język zapytań.

RP – Rzeczpospolita Polska.

RRP - ang. Remote Radar Post - wysunięty posterunek radiolokacyjny.

SD – stanowisko dowodzenia.

SEAD – ang. Suppression of Enemy Air Defences – obezwładnienie i pokonywanie obrony powietrznej i przeciwlotniczej przeciwnika.

SI – system informatyczny.

SMO – systemy masowej obsługi.

STANAG – ang. STANdardization AGreements - porozumienia standaryzacyjne.

SQL – ang. Structured Query Language - strukturalny język zapytań.

SOC – ang. Sector Operation Centre – Centrum Operacyjne Sektora.

ŚNP - środki napadu powietrznego.

TACOM – ang. Tactical Command – dowodzenie taktyczne.

TCP/IP - (ang. Transmission Control Protocol / Internet Protocol) – Protokół Kontroli Transmisji / Internet Protokół.

UL – ubezpieczenie lotów.

WAT – Wojskowa Akademia Techniczna.

WE – walka elektroniczna.

WLOP - Wojska Lotnicze i Obrony Powietrznej.

WOC – ang. Wing Operation Centre – Centrum Operacyjne Skrzydła Lotniczego.

ZI WLOP – Zespół Informatyki Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej.

Wstęp

Działania bojowe mogą być poznawane na drodze badań zarówno systemów rzeczywistych, jak i w oparciu o ich modele. Ze względu na specyfikę systemów walki, w szczególności systemów obrony powietrznej (OP), które wyróżnia między innymi szybkość zmian sytuacji oraz krótkotrwałość wykonywanych zadań - badania prowadzone na systemie rzeczywistym praktycznie w okresie pokoju nie są możliwe, a jeżeli nawet możliwości takie istnieją to mają one charakter ograniczony i fragmentaryczny. W warunkach pokojowych istnieją małe możliwości uruchomienia systemów walki, niejako na zamówienie i przeprowadzenie działań bojowych¹. Przyczyną takiego stanu rzeczy są przede wszystkim względy natury humanitarnej, finansowej, terytorialnej i czasowej. Systemy OP podlegają tym ograniczeniom, toteż prowadzenie kontrolowanych działań bojowych systemów rzeczywistych jest utrudnione. Komplikuje to w znacznym stopniu procesy poznawcze i rozwiązywanie problemów związanych z prognozowaniem przebiegu działań bojowych. Najważniejszym zatem źródłem informacji o zjawiskach i procesach występujących na polu walki są doświadczenia minionych i współczesnych wojen, a przede wszystkim modele systemów walki, w szczególności systemów OP. Wynika stąd potrzeba opanowania technologii konstruowania narzędzi, odzwierciedlających wybrane procesy działań bojowych w obronie powietrznej. Przy obecnym stanie rozwoju i opanowania technologii informatycznych narzędzia takie docelowo mogą przyjmować postać interaktywnych komputerowych gier symulacyjnych, działających w rozległych sieciach komputerowych, w szczególności poprzez Internet.

Zakładałem, że przeprowadzone przeze mnie badania i osiągnięte rezultaty wniosą nowe wartości do teorii obrony powietrznej, przyczyniając się tym samym do jej wzbogacenia i rozwoju, a docelowo przybliżą do skonstruowania efektywnych narzędzi poznawczych, mających swą reprezentację w postaci zaawansowanych systemów informatycznych (interaktywnych komputerowych gier symulacyjnych).

Indywidualne konsultacje z pracownikami naukowo-dydaktycznymi AON prowadzone w latach 1995 - 2001, odbyte dyskusje na forum katedry WOP, a przede wszystkim indywidualne konsultacje z promotorem płk. prof. dr. hab. inż. Bogdanem Zdrodowskim zainicjowały i rozwinęły poszczególne inicjatywy badawcze. Formułowanie celu badań i hipotez badawczych prowadzone było równoległe z krytyczną analizą literatury problemu. Najistotniejszą rolę w rozumieniu problematyki OP odegrała analiza wybranych części dorobku naukowego płk. prof. dr. hab. inż.

Bogdana Zdrodowskiego. Wnioski sformułowane w procesie identyfikacji problemu, cel badań, hipotezy robocze, zadania, metody i techniki badawcze oraz przewidywany układ pracy przedstawiłem środowisku naukowemu Wydziału WLOP w ramach seminariów doktoranckich i katedralnych w Katedrze WOP, w lutym 1998. Szczególnie istotne uwagi wniósł do koncepcji płk prof. dr hab. inż. Czesław Flanek. Po uwzględnieniu przeze mnie wielu sugestii do przedstawionej koncepcji i naniesieniu odpowiednich poprawek, w marcu 1998 Rada Wydziału WLOP zaakceptowała koncepcję, otwierając przewód doktorski.

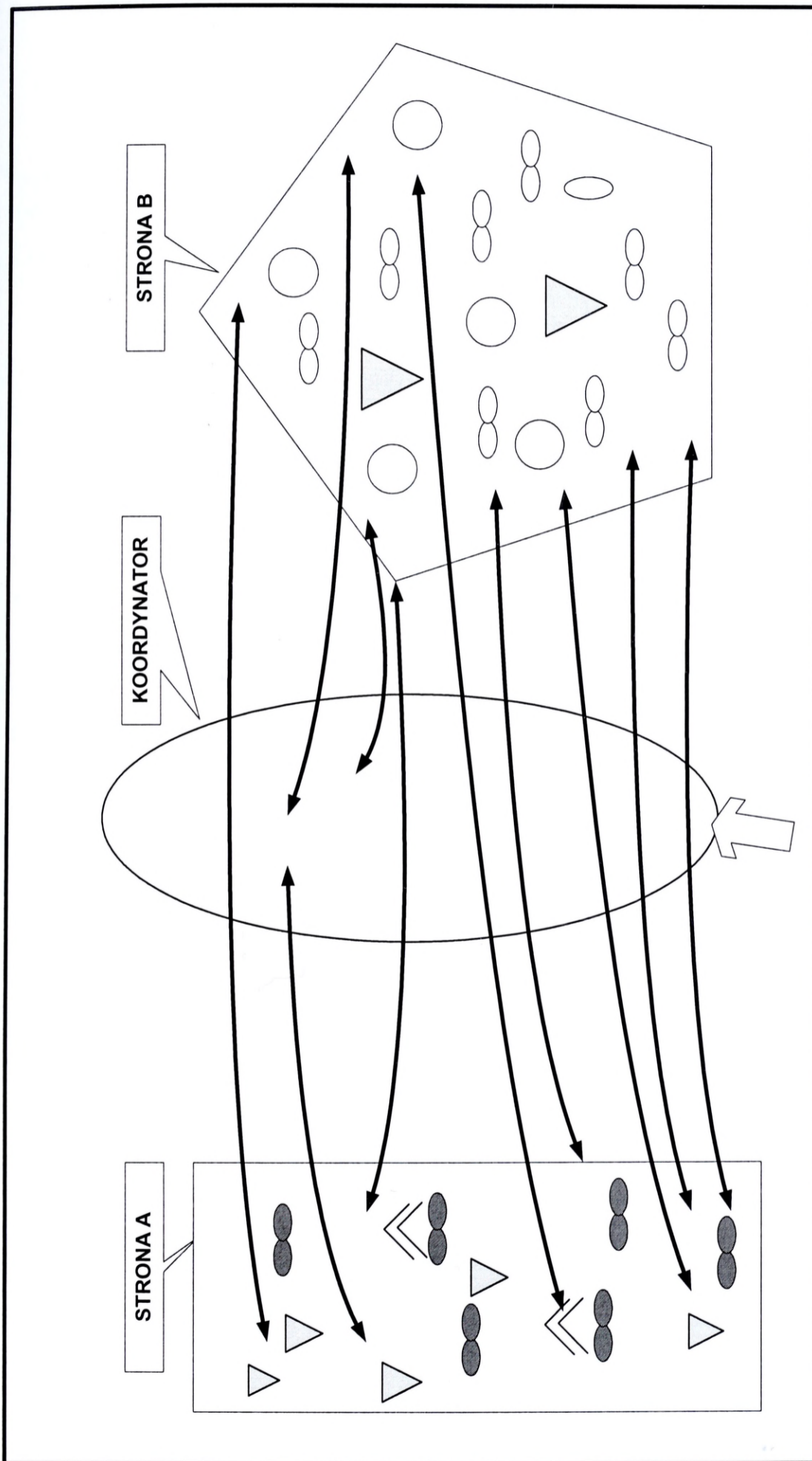
Od marca 1998 podjąłem systematyczną pracę nad weryfikacją postawionych hipotez. Wynikiem tych dociekań był referat i publikacja w ramach IX Konferencji Naukowej poświęconej sterowaniu i regulacji w radiolokacji i obiektach latających "Komputerowa gra symulacyjna - wybrane elementy pola walki" (Jelenia Góra 16-18 czerwiec 1998). Wiele istotnych uwag otrzymałem po opublikowaniu artykułu "Komputerowa gra symulacyjna" na łamach Przeglądu Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej. Poprzez pocztę elektroniczną otrzymałem wiele komentarzy, wypowiedzi, ale przede wszystkim wiele pytań, które zainspirowały mnie do jak najszybszego oprogramowywania wybranych epizodów, by weryfikować poszczególne elementy modelowanej rzeczywistości, w ramach pracy badawczej.

Po etapie badań wstępnych ustaliłem z promotorem, a Rada Wydziału zaaprobowała, że **celem pracy** prowadzonej w ramach niniejszej rozprawy doktorskiej, będzie model walki sił obrony powietrznej, odzwierciedlający wybrane procesy zachodzące na szczeblu taktycznym. Model ów miał w założeniach przedstawiać walkę grupową zgrupowań niejednorodnych, z funkcją koordynatora, o sumie niezerowej, z uwarunkowaniami czasowymi. Na etapie badań wstępnych założyłem, że będzie to model logiczny, który po oprogramowaniu mógłby przyjąć postać interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej.

Po licznych konsultacjach ostatecznie sformułowałem cel konstruowanego modelu jako odwzorowywanie powietrznej rzeczywistości, widzianej z punktu widzenia organów dowodzenia szczebla taktycznego. Zatem przydatność modelu miała przejawiać się przede wszystkim w zastosowaniu go do:

- szkolenia organów dowodzenia, metodą ćwiczeń dowódczych, w których model ten będzie dynamizował i urealniał to szkolenie;
- badania rzeczywistości, jej skomplikowanego charakteru, wielości związków przyczynowo skutkowych;

¹ Barczak Andrzej, Komputerowe gry wojenne, Bellona, Warszawa 1996.



NR RYS. 01	TYTUŁ: Dwie walczące ze sobą strony z walki grupowej o ugrupowaniach niejednorodnych, z funkcją koordynatora, model otwarty, ..., ekstensywny.	PROJEKTOWAŁ: por. J. Zych	2001.09.27	2001.09.27	MODEL WALKI SIL OP SZCZEBLA TAKTYCZNEGO
BEZ SKALI		KREŚLIŁ: por. J. Zych	2001.09.27	2001.09.27	

i celowe przełożenie na obiekty oraz zjawiska będące fizyczną ich reprezentacją w modelu.

W **rozdziale trzecim** przedstawiłem wyniki badań będące specyfikacją wymagań konstruowanego modelu w zakresie przyjętej metody symulacji, interfejsu oraz sposobów komunikowania się z użytkownikiem. Rozdział ten zawiera w istocie model matematyczny dla wybranego wątku działań sił OP szczebla taktycznego. Istotną częścią tego rozdziału są sformułowane wymagania techniczne, strukturalne i programowe jako środowiska, w którym może być osadzony model i właściwie funkcjonować. Bardzo czasochłonnym i istotnym elementem pracy było skonstruowanie komputerowych map cyfrowych (teł mapowych) dostosowanych do potrzeb i wymagań modelu. Zastosowany tu język formalny definiuje byty (encje) i relacje między nimi. Dla uporządkowania procesu badawczego wprowadziłem notację matematyczną, a dla hipotetycznego scenariusza przedstawiam jedynie uproszczoną wersję modelu matematycznego. Istotnym i wyjątkowo czasochłonnym elementem pracy było opracowanie serwera programowego dla odbioru, przetwarzania i udostępniania danych szybkozmiennych oraz opracowanie sposobu wizualizacji przebiegu gry dla jej uczestników. Rozdział ten zawiera również wyniki badań nad sposobem konstruowania i zastosowania tła graficznego. Najtrudniejszym elementem tej części badań było opracowanie mechanizmów synchronizacji dla przetwarzania danych szybkozmiennych.

W **rozdziale czwartym** przedstawiłem sposób konstruowania ćwiczenia (treningu) w formie przykładowego scenariusza dla gry oraz wykorzystanie go w ćwiczeniu. Rozdział ten zawiera opis mechanizmów pozwalających zrozumieć jak właściwie użytkować aplikacje będące częściami składowymi modelu. Do tego służy skonstruowana aplikacja WGSCEN, która zapewnia wykreowanie hipotetycznego epizodu gry wraz z kreowaniem obiektów do bazy danych. Przedstawiona tu aplikacja WGSERVER zapewnia symulację przygotowanego scenariusza, wysyłanie komunikatów dla grających stron, zapisywanie historii z przebiegiem gry oraz symulację zdarzeń w trybie przyspieszonym. Skonstruowana aplikacja WGCLIENT jest interfejsem graficznym dla grających stron. Rozdział czwarty jest zatem przede wszystkim praktycznym przewodnikiem stworzonego modelu.

Pracę kończy **podsumowanie** zawierające informacje o możliwych zastosowaniach modelu oraz dalszych kierunkach jego rozwoju.

Załączniki zawierają: przykładowe, ogólne opisy komponentów, obiektów i subobiektów będących przedmiotem badań oraz opis najistotniejszych elementów środowiska ORACLE, stanowiącego wzorzec stabilnego środowiska bazodanowego.

Przeprowadzone przeze mnie badania obejmowały kilka dyscyplin naukowych, a wielu użytym pojęciom i określeniom przypisuje się w nich różne znaczenie, dlatego wręcz koniecznością stało się wyjaśnianie zastosowanych pojęć, określeń i zwrotów. Licząc się z trudnościami interpretacyjnymi poszczególnych części rozprawy opatrzyłem ją licznymi przypisami, rozwijającymi definicje i użyte pojęcia. Przyjąłem oddzielną numerację tabel i rysunków dla każdego rozdziału.

Pragnę podziękować wszystkim osobom, których życzliwość przejawiająca się w dobrej radzie, bądź krytycznej ocenie stawała się bodźcem w poszukiwaniu *obiektywnej prawdy naukowej*. **Szczególnie serdecznie dziękuję:** Panu pułkownikowi profesorowi Bogdanowi Zdrodowskiemu, promotorowi, za skuteczne stymulowanie procesem badawczym.

Warszawa, styczeń, 2002 r.

1. Założenia badawcze

1.1. Cel badań i interpretacja podstawowych terminów

Przeprowadzone badania, w tym krytyczna analiza literatury przedmiotu wskazują, że podstawowe kategorie: obrona powietrzna i system informatyczny - będące przedmiotem moich badań są bardzo złożonymi i skomplikowanymi, różnorodnie ujmowanymi i definiowanymi, w tym w zależności od przyjętych kryteriów zakresowych oraz względu badawczego. Ujęcia: rzeczowe, funkcjonalne, systemowe, pragmatyczne, strukturalne i inne, kładące nacisk na różne obszary powodują, że ujęcie OP w każdym z nich jest inne. Na potrzeby prac badawczych przyjąłem, iż zostanie **skonstruowany taki model³, w którym będą odzwierciedlane wybrane procesy zachodzące w obronie powietrznej na szczeblu taktycznym, z punktu widzenia określonych zależności czasowych oraz z punktu widzenia wybranych skutków walki.**

Istotne było to, by osiągając zgodność definicji OP na płaszczyźnie naukowej, zapewnić jej odpowiednią czułość na przyjęty cel badań.

Ostatecznie przyjąłem **za obronę powietrzną - tę część bezpieczeństwa powietrznego obiektu (zbioru obiektów), która niweluje zagrożenie powietrzne.** Ta ogólna definicja jest nie tylko czuła na przyjęty cel badań, ale również wymusza, by zakres stanów opisujący konstruowany model, odwoływał się właśnie do przestrzeni powietrznej (uwzględniał trójwymiarowość zjawisk), do pewnych klas podmiotów (obiekt, grupa obiektów), na rzecz których obrona powietrzna ma zapewnić bezpieczeństwo. Owe bezpieczeństwo postrzegam jako bezpośrednie niwelowanie zagrożenia powietrznego (oddziałując na środki napadu powietrznego w przestrzeni powietrznej) i w sposób pośredni (oddziałując na środki napadu powietrznego gdy nie stanowią bezpośrednio zagrożenia dla bronionego obiektu (obiektów)). Bardzo istotnym problemem merytorycznym było zdefiniowanie celu OP, czułego na prowadzone badania. Przyjąłem następującą definicję **celu OP: zapewnienie bronionemu obiektowi takiego bezpieczeństwa powietrznego, które umożliwi realizację przez niego zadań. Oznacza to, iż w przedziale czasowym: przed, w trakcie i po przeprowadzeniu działań bojowych broniony obiekt będzie mógł funkcjonować zgodnie**

³ Jerzy Koziół, Podejmowanie decyzji o obronie powietrznej, AON, Warszawa 1996. Model – to taki dający się pomyśleć lub materialnie zrealizować układ, który odzwierciedlając lub odtwarzając przedmiot badania, zdolny jest zastępować go tak, że jego badanie dostarcza nowej informacji o badanym przedmiocie. Innymi słowy model rozumiany jest jako uproszczona (umyślnie i celowo) reprezentacja rzeczywistości zorientowana na określony cel.

ze swoim przeznaczeniem. Interpretację powyższego celu OP ilustruje wymownie następujący klasyczny przykład - obrony mostu, na który wykonany jest atak ŚNP w czasie t_0 . Z punktu widzenia osiągnięcia celu obrony powietrznej tego mostu - nie jest istotna liczba zniszczonych ŚNP przez OP. Istotne jest to, czy most jest przejezdny po ataku ŚNP, dla chwili czasowej $t_0 + \Delta t$. Zatem gdyby żaden samolot przeciwnika nie został zestrzelony, a most pozostałby przejezdny, to tak zdefiniowany cel OP dla czasu $t_0 + \Delta t$ dla tego mostu, zostałby osiągnięty.

Problem zdefiniowania celu OP znacznie się komplikuje, gdy podejmuje się próbę jego określenia w funkcji czasu, przy uwzględnianiu historii zdarzeń, kosztów i szczebla którego ma dotyczyć. Przy badaniu uwarunkowań obrony konkretnego obiektu nie można pominąć funkcji strat - byłoby to błędnym uproszczeniem. Otóż zakłócenie podstawowej funkcji bronionego obiektu, jeśli będzie wynikiem relatywnie dużych strat zadanych przez przeciwnika powietrznego, będzie traktowane jako niekorzystne. W tym kontekście, celem OP jest osiągnięcie maksymalnej różnicy strat przeciwnika i własnych, zaś zadaniem przeciwnika będzie odwrotne działanie - uczynić tę różnicę korzystną dla siebie. Przyjęcie takiego punktu widzenia poszerza definicję celu OP i dla bardzo wąskiej klasy problemu daje możliwość modelowania wycinka działań na polu walki w języku teorii gier. Jednak dla skonstruowania interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej owa zmodyfikowana definicja staje się zbyt nieprecyzyjna, toteż w celu zapewnienia czułości definicji celu OP w kontekście przeprowadzonych badań w całej rozciągłości procesu badawczego, konsekwentnie cel OP, zdefiniowałem jako zapewnienie takiego bezpieczeństwa powietrznego, które umożliwi realizację zadań bronionemu obiektowi w zadanym czasie.

Konsekwencją przyjęcia powyższych definicji była konieczność rozszerzenia klasy zdarzeń odzwierciedlanych w modelu o działania ofensywne sił powietrznych. Modelowanie tej klasy zdarzeń, wymagało reprezentacji w modelu, poza lotnictwem myśliwskim, wojskami raketowymi i rozpoznaniem również innych rodzajów lotnictwa, wraz z zasadami ich użycia. Zatem ostatecznie w modelu reprezentację fizyczną mają: podstawowe komponenty OP (LM, wojska raketowe i rozpoznanie); środki napadu powietrznego (ŚNP) (lotnictwo uderzeniowe i wsparcia) oraz bronione obiekty - poprzez substytuty tych sił.

W obecnej i przewidywanej strukturze systemu dowodzenia sił powietrznych, w tym obrony powietrznej Sojuszu Północnoatlantyckiego w Europie, zasadniczymi taktycznymi organami dowodzenia są: Połączone Ośrodki Dowodzenia Działaniami

Powietrznymi (CAOC)⁴ oraz Ośrodki Kontroli i Powiadamiania (CRC). Zatem przyjąłem, iż całość modelu będzie widziana z punktu widzenia właśnie tych dwóch rodzajów stanowisk dowodzenia.

W wyniku przeprowadzonych konsultacji ustaliłem, iż dla szczebla taktycznego wystarczającą reprezentację dowodzenia zapewnią następujące elementy: ugrupowanie AŚO i ŚNP, czasy wejścia (wyjścia) do (z) walki poszczególnych obiektów, warianty uzbrojenia środków walki, dyrektywy strzelania dla AŚO oraz dystrybucja informacji dla decydentów.

Z punktu widzenia przyjętej metodyki badań, obiektem poznania w ramach prowadzonych przeze mnie badań są procesy zachodzące w obronie powietrznej na szczeblu taktycznym, które można zdekomponować do kilku zasadniczych problemów cząstkowych (procesy dotyczące działania wojsk raketowych, procesy dotyczące działania lotnictwa myśliwskiego, procesy dotyczące działania wojsk elektronicznych i radiotechnicznych), ale złożonych z elementów powiązanych ze sobą, w taki sposób, iż tworzą całość o odmiennym charakterze w stosunku do elementów ją tworzących⁵. Obiekty poznania mają przypisane określone cele, reprezentowane są zbiorem fizycznych podobiektów, które podlegają ograniczeniom natury technicznej. Jednocześnie na tych fizycznych podobiektach realizowane są wymuszenia, wynikające z antycypowanego celu, zdefiniowanego dla nich.

Praca zorientowana jest zatem na skonstruowanie w przyszłości informatycznego modelu w postaci interaktywnej gry symulacyjnej. Ten wątek założeń wymaga zdefiniowania kolejnych podstawowych kategorii używanych w rozprawie, takich jak: system informatyczny oraz system informacyjny. Ponadto pokusiłem się również tu o zdefiniowanie środowiska bazodanowego dla przetwarzania danych szybkozmiennych w oparciu, o którą mają funkcjonować aplikacje. Przybliżyłem tu również w sposób opisowy dedykowane narzędzia firmy Oracle, wspomagające wytwarzanie zaawansowanych systemów informatycznych (SI), (załącznik nr 2).

System informatyczny jest centralnym pojęciem informatyki, skupia on bowiem wszystkie treści związane z tworzeniem jego konstrukcji i technologii, z jego eksploatacją oraz czynnikami wynikającymi z jego powiązań z szeroko rozumianym otoczeniem. Definiując pojęcie **systemu informatycznego** można stwierdzić, że jest to system informacyjny, w którym proces przetwarzania danych jest

⁴ Koliński K., Nawrocki B., Kozub M., Dowodzenie siłami powietrznymi NATO. AON, Warszawa 1999.

⁵ Jerzy Kozioł, Podejmowanie decyzji o obronie powietrznej, AON, Warszawa 1996.

realizowany przez system komputerowy. Podanie takiej definicji wymusza określenie pojęcia systemu informacyjnego, stanowiącego kategorię pierwotną w stosunku do systemu informatycznego. Otóż, **system informacyjny** to wyodrębniony czasowo i przestrzennie układ przetwarzania informacji, będącym zbiorem celowo ze sobą powiązanych elementów, którymi są: źródła danych, metody ich gromadzenia i przetwarzania, kanały przepływu informacji, środki materialne i ludzie realizujący to przetwarzanie oraz miejsca przeznaczenia informacji. Każdy z wymienionych elementów realizuje funkcje podporządkowane celowi postawionemu przed systemem.

Wyodrębniony w drodze abstrakcji system informacyjny jest układem o znikomej autonomii i bardzo ścisłych powiązaniach z organizacją, której służy i w której środowisku funkcjonuje. **System informatyczny** jest to system informacyjny, w którym proces przetwarzania danych w całości lub w części jest realizowany za pomocą techniki komputerowej. Zatem istotę systemu informatycznego można określić jako rodzaj zastosowania komputerów w procesach informacyjnych – przy takim doborze urządzeń i kompozycji oprogramowania, uwzględniając wymogi otoczenia i możliwości zespołów ludzkich, z określonych wejść, za pomocą metod (technologii) uzyskać na wyjściu antycypowane sygnały. W wąskim ujęciu produktem informatycznym jest sam wytwór materialny. W szerokim ujęciu natomiast poza wytworem fizycznym, jest to także zestaw standardowych usług towarzyszących. Innym i bardzo istotnym problemem jest oszacowanie kosztów. Oszacowanie ich jednak jest bardzo trudne. Jaki punkt (punkty) odniesienia przyjąć, by porównać dzisiejszy koszt zakupu systemów do projektowania i zarządzania bazą danych z ewentualnymi stratami i przyszłymi kosztami, jakie należy ponieść w przypadku błędnego wyboru i znalezienia się już po kilku latach poza obowiązującym standardem. Dominującą na rynku jest linia Oracle-a. Za tą linią technologiczną przemawia również pakiet programów, tworzących zaawansowane technologicznie środowisko wspomagające wytwarzanie systemów informatycznych, narzędzia typu CASE.

CASE⁶, narzędzia które wspomagają wytwarzanie zaawansowanych technologicznie systemów informatycznych (SI). Z przyczyn finansowych (brak

⁶ CASE (ang. Computer-Aided Systems Engineering) skrótem tym jest określana inżynieria systemów wspomagania komputerowego. Jest to zbiór narzędzi programowych: o określonej strukturze, graficznych, słownikowych, automatycznie generujących, służących do zarządzania projektowaniem, wspomagających inżynierów systemowych w dążeniu do uzyskania wysokiej jakości systemów dla użytkowników końcowych. Współczesne narzędzia CASE okazują się niezbędne w zarządzaniu złożonymi danymi, aplikacjami i obiektami. Narzędzia CASE w strategii klient/serwer zyskały szerokie uznanie u projektantów/programistów zajmujących się wytwarzaniem złożonych SI. Pierwsze ich wejście w świat aplikacji to generacja schematu bazy danych i odtwarzanie schematu istniejącej już

środków) i niemożności pozyskania oprogramowania Oracle-a (w szczególności bazy danych), zdecydowałem się na napisanie własnej bazy danych wzorując się na mechanizmach Oracle-owskich. Wszystkie mechanizmy transakcyjne i synchronizacyjne przeprojektowałem i zaimplementowałem w warstwie aplikacyjnej.

Istotne znaczenie w wyborze wzorca miał fakt, że spośród wielu producentów narzędzi CASE na rynku najpopularniejsze są obecnie: Designer 2000 i Developer 2000 właśnie firmy Oracle. Poza tym: PowerBuilder, Visual Basic w wersji Enterprise, Forte i Delphi Borlanda, ERWin (Logic Works), Select OMT i Select Enterprise (Select Software Tools), System Architect (Popkin Software). Wydaje się jednak, że najbardziej zaawansowaną technologię proponuje firma Oracle poprzez promocje narzędzi Designer 2000 i Developer 2000. Opis najważniejszych zalet tych narzędzi oraclowskich przedstawiam w załączniku nr 2. Niestety bez nakładów finansowych z mojej strony ORACLE POLSKA nie udostępnia w żadnej wersji swoich baz danych, natomiast Designer na platformę sprzętową PC-ta pozyskałem z Internetu.

1.2. Problemy badawcze i robocze hipotezy ich rozwiązania

Względy humanitarne, koszty oraz złożoność problematyki badania zjawisk występujących w OP powodują, iż koniecznym jest powszechne stosowanie metod i narzędzi pozwalających odkrywać, zrozumieć i porządkować o nich wiedzę. Oczywiście wiedza ta powinna być również przedmiotem kształcenia (szkolenia) przy pomocy tych samych metod i narzędzi. **Skonstruowanie modelu, który uwzględniłby te bardzo szerokie i wielowątkowe idee było możliwe poprzez rozwiązanie następującego pakietu problemowego:**

- Jakie zjawiska występujące w OP i towarzyszące jej, powinny być odzwierciedlone w modelu, aby zachować jej istotę, abstrahując jednocześnie od mało istotnych?
- Z jakich obiektów elementarnych powinien być zbudowany model, by zachować jego elastyczność, adekwatność i prostotę?

bazy. Początkowo narzędzia ograniczały się do tworzenia jedynie skryptu do tworzenia bazy, który administrator mógł uruchomić w wybranym serwerze w celu założenia nowej bazy. Dużym krokiem w rozwoju narzędzi stało się dołączenie repozytorium, służącego do zapamiętywania metadanych (danych o danych) o elementach aplikacji, tabelach bazy, obiektach, modułach programowych. Popularne stało się łączenie narzędzi CASE i narzędzi do szybkiego tworzenia aplikacji. Wyniknęło to z możliwości jakie dostarczył po raz pierwszy pakiet PowerBuilder, pozwalający zapisywać w bazie tzw. rozszerzone atrybuty, służące do określania wizualnych właściwości pól bazy danych. Dzisiejsze narzędzia CASE zapewniają możliwość definiowania tych o rozszerzonych atrybutach w trakcie procesu modelowania jak również jest możliwości korzystania z nich do generowania aplikacji.

- Jakie parametry i wskaźniki powinny charakteryzować poszczególne obiekty reprezentowane w modelu?
- Jakie obszary dowodzenia powinny być odzwierciedlane w modelu, w tym jaki zakres decyzyjny powinien znaleźć swoją reprezentację?
- Jak zobrazowywać modelowane działania?
- Jaki typ i charakter modelu będzie najlepszy?
- Które skutki wzajemnych oddziaływań obiektów powinny być ujęte w modelu?
- W jakim zakresie odzwierciedlać w modelu zużywanie i odnawialność zasobów?
- Jakie reperkusje powoduje podejście do modelowania oparte na dekompozycji na wiele problemów cząstkowych, a następnie sumowaniu wyników cząstkowych?
- Jakie problemy informatyczne należy uwzględnić już na etapie koncepcyjnym?
- W oparciu o jaki sprzęt i oprogramowanie systemowe powinien funkcjonować model?

W wyniku przeprowadzonych badań wstępnych sformułowałem przypuszczenia co do rozwiązania powyższych problemów, które zawarłem w koncepcji rozprawy. Przypuszczenia te zostały sformułowane w fazie koncepcyjnej badań, w postaci hipotez roboczych o następującej treści:

- Przypuszczam, że zapewnienie wystarczającej adekwatności modelu do rzeczywistości zapewni odzwierciedlenie następujących zjawisk:
 - identyfikacja obiektu w strefie rozpoznania;
 - wybór sposobu prowadzenia walki przez aktywne środki obrony (AŚO) oraz środki napadu powietrznego (ŚNP);
 - rażenie ŚNP przez OP oraz sił OP i rażonych przez nie obiektów przez ŚNP;
 - ubywanie zasobów, np.: sprawnościowych, materiałowych, ludzkich;
 - wpływ wybranych czynników fizycznogeograficznych (w tym głównie ukształtowania terenu) na funkcjonowanie elementów OP.
- Obiektami elementarnymi, gwarantującymi odpowiednią czułość i przydatność, ale jednocześnie upraszczającymi rzeczywistość w modelu są:
 - statki powietrzne;
 - lotniska, lądowiska, DOL-e;
 - przeciwlotnicze zestawy rakietowe;

- stacje radiolokacyjne;
 - bronione obiekty;
 - elementy procesu dowodzenia.
- Każdy obiekt elementarny występujący w modelu powinien być charakteryzowany zbiorem tylko tych parametrów, które odzwierciedlają najistotniejsze cechy poszczególnych obiektów, umożliwiając odzwierciedlenie istoty funkcjonowania tych obiektów.
 - Sądzę, że w modelu wystarczającą reprezentację dowodzenia zapewni się poprzez odzwierciedlenie:
 - ugrupowania AŚO i ŚNP;
 - momentu wejścia (wyjścia) do (z) walki poszczególnych obiektów;
 - wariantów uzbrojenia środków walki;
 - wybranych dyrektyw strzelania dla AŚO;
 - dostarczanej informacji do odbiorców;
 - sposobów działania (walki), tras lotu, priorytetów działań.
 - Przypuszczam, że w modelu powinien być reprezentowany taki zakres decyzyjny, który odzwierciedlać będzie użycie dysponowanych sił walczących stron poprzez decydowanie o podjęciu/zaniechaniu akcji, czasach osiągnięcia poszczególnych stanów w grze i priorytetach dla wybranych dyrektyw strzelania.
 - Model powinien zobrazowywać obiekty na tle mapowym.
 - Przypuszczam, iż model typu otwartego, czuły, o charakterze mieszanym (zbudowany w oparciu o modele Lanchestera⁷, Pontriagina⁸, modele statystyczne i oparte na systemach masowej obsługi - SMO⁹) zapewni odpowiednią adekwatność.
 - Sądzę, że skutki wzajemnych oddziaływań w modelu, dotyczące: zniszczenia i zużycia zasobów, którymi dysponują walczące strony mogą być uwzględniane w czasie ciągłym dla wartości dyskretnych.
 - Sądzę, że zużywanie i odnawialność zasobów powinna mieć odzwierciedlenie w funkcji czasu, z dodatkową możliwością wpływania na zasoby, z poziomu koordynatora.

⁷ Modele Lanchestera oparte są na równaniach dynamiki średnich.

⁸ Modele Pontriagina związane są z programowaniem dynamicznym, są oparte o zasadę maksimum.

⁹ SMO - systemy masowej obsługi związane z obsługą kolejek i kanałów.

- Przypuszczam, że zdekomponowanie problemu na wiele problemów cząstkowych, a następnie sumowanie wyników tych cząstkowych badań spowoduje przekłamanie, nie mniej jednak model w dalszym ciągu zachowa wystarczającą adekwatność do rzeczywistości.
- Sądzę, że głównymi problemami informatycznym będą:
 - zaprojektowanie mechanizmów wymiany danych między zdefiniowanymi procesami w grze, w szczególności synchronizacji;
 - zapewnienie odpowiedniej jakości transmisji danych, by każdy z uczestników gry miał odpowiednią wizualizację;
 - kompatybilność między kolejnymi wersjami sprzętu i oprogramowania, na bazie której ma funkcjonować gra;
 - pokonanie ograniczeń czasowych i finansowych.
- Docelowo zaimplementowana gra, może być oparta o platformę sprzętową IBM PC. Do projektowania i wspomagania implementacji powinno wystarczyć jedno z zaawansowanych środowisk projektowo-programowych, wspomagających pracę projektanta-programisty (np.: Designer/2000¹⁰, Developer/2000¹¹), środowisko systemowe MS Windows, baza danych w oparciu o mechanizmy ORACLE-owskie, a także interfejs z użytkownikiem opierający się o graficzny sposób komunikacji, z zaakcentowaniem multimedialności.

1.3. Zadania badawcze

Osiągnięcie założonego celu badań następowało na drodze weryfikacji przyjętych hipotez roboczych, poprzez rozwiązanie następujących zadań badawczych:

- Wyodrębnić najistotniejsze zjawiska występujące w OP, mające zasadnicze znaczenie na reprezentatywność i adekwatność modelu.
- Określić granicę między elementami rzeczywistości odwzorowywanymi i nieodwzorowywanymi.
- Przyjąć określony poziom kwantyzacji procesów odzwierciedlanych w modelu.

¹⁰ Designer 2000 jest to zestaw wytwarzanych przez Oracle narzędzi do produkcji aplikacji. Designer 2000 wspiera graficzne modelowanie złożonych systemów w czasie inżynierii procesów, analizy i projektowania.

¹¹ Developer 2000 umożliwia szybkie i tanie wytwarzanie złożonych aplikacji dla małych i wielkich zespołów. Developer 2000 dostarcza działowi informatyki narzędzia pozwalające na tworzenie formatek, raportów i diagramów, które można rozpowszechniać za pomocą tradycyjnych metod lub za pomocą sieci Web.

- Zdefiniować charakter poszczególnych modelowanych zjawisk, (zdeteminowane czy probabilistyczne).
- Zdefiniować rejestry decyzyjne dla walczących stron.
- Wyodrębnić zjawiska fizycznogeograficzne.
- Zdefiniować modele poszczególnych procesów cząstkowych - (Lanchestera, Pontriagina, statystyczne, oparte na procesach masowej obsługi).
- Zdefiniować obiekty elementarne, które powinny być reprezentowane w modelu.
- Wyodrębnić wskaźniki charakteryzujące zdefiniowane obiekty elementarne.
- Określić/oszacować zakres zmian wartości dla wskaźników charakteryzujących obiekty, zapewniając czułość modelu na wprowadzane zmiany.
- Uwzględnić wybrane opóźnienia wynikające z propagacji informacji.
- Zapewnić definiowanie wariantu uzbrojenia dla wybranego typu środka walki.
- Zapewnić definiowanie różnych ugrupowań AŚO.
- Zapewnić definiowanie różnych sposobów ugrupowań ŚNP.
- Określić zależności, według których będą zużywane i odnawiane poszczególne zasoby gry.
- Określić zakres wpływu koordynatora na zasoby gry.
- Zdefiniować kryterium (zbiór kryteriów) pomiaru osiągnięcia celu obrony powietrznej.
- Określić zakres stosowania metody opartej na dekompozycji problemu na problemy cząstkowe i sumowaniu rozwiązań cząstkowych - przy konstruowaniu modelu walki sił OP szczebla taktycznego.
- Przeprowadzić analizę dostępnych platform sprzętowych, programowych i systemowych oraz wypracować wariant najlepszy do modelu i implementacji komputerowej gry symulacyjnej.
- Wybrać język programowania i kompilator zapewniający implementację procesów symulacyjnych oraz wizualizację.
- Rozpoznać protokół TCP/IP pod kątem jego zastosowania w grze.

1.4. Metody i techniki badawcze

Głównymi metodami zbierania materiału badawczego były: analiza literatury, zbieranie ocen ekspertów oraz modelowanie. Weryfikacja przyjętych rozwiązań

na zaimplementowanych i działających wątkach modelu, na bieżąco pozwoliła eliminować wiele nieścisłości, które uwidaczniały się w momencie konstruowania wybranych i oprogramowanych fragmentów. Weryfikacja zaimplementowanych procedur przez ekspertów, ukierunkowała badania na najistotniejszych problemach. Metody te są bardzo czasochłonne, nie mniej jednak pozwoliły one na implementację kolejnych wersji modelu, od wersji infantylnych do bardzo zaawansowanych, opartych na modelowaniu matematycznym, teorii gier, by docelowo przyjąć postać systemu informatycznego (postać interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej).

Definicja **metody** wskazuje, że jest to sposób postępowania dla osiągnięcia określonego celu. „Słownik języka polskiego” uwzględniając naukowy charakter metody, definiuje metodę jako sposób naukowego badania rzeczywistości i zjawisk oraz przedstawienia wyników tych badań¹².

Podobną ogólną definicję podaje Okoń. Według tego autora jest to: „... systematycznie stosowany sposób postępowania prowadzący do założonego wyniku. Na dany sposób postępowania składają się czynności myślowe i praktyczne, odpowiednio dobrane i realizowane w ustalonej kolejności ...”¹³. Jednak definicja ta w części dotyczącej celu stosowania metod zbyt dużą wagę przykładła do wyniku (założeń) badań, co może sugerować subiektywne (wybiórcze) stosowanie metod. Dlatego za trafniejszą uznałem definicję słownikową, która zawiera wręcz postulat **weryfikacji, a nie uzasadnienie założonego wyniku (hipotezy) badań**.

Uwzględniając powyższą interpretację metody przyjąłem, że wymaga ona ode mnie wzięcia pod uwagę przede wszystkim:

- ◆ wyjściowej postaci opracowanych wyników badań. Założyłem, że końcowym produktem podjętych badań w ramach rozprawy będzie model logiczny, który będzie w przyszłości (poza rozprawą) rozwinięty do postaci interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej – w postaci zbioru zależnych względem siebie aplikacji. Przy czym zasadniczą metodą weryfikującą przyjmowane rozwiązania będą cząstkowe aplikacje - niejako wybrane elementy gry);
- ◆ postaci danych wejściowych (dokumentacja z procesu badawczego oraz działające aplikacje);
- ◆ możliwości zastosowania odpowiednich metod, przy uwzględnieniu ograniczeń, którymi były:

¹² Słownik języka polskiego, PWN, Warszawa 1993.

¹³ Okoń W., Nowy słownik pedagogiczny, Wydawnictwo Żak, Warszawa 1996.

- przede wszystkim ograniczenia finansowe (kupno komputerów, kompilatorów, literatury, łącza telefonicznego);
 - bardzo rozległy i interdyscyplinarny charakter oraz zakres problemów wymiaru powietrznego;
 - praca jednoosobowa;
 - ograniczenia czasowe (forma studiów zaocznych);
 - permanentnie i intensywnie zmieniająca się modelowana rzeczywistość (w kontekście restrukturyzacji i procesów integracyjnych z NATO);
 - możliwości zweryfikowania uzyskanych wyników;
 - zmieniające się techniki modelowania, projektowania i implementacji;
 - postęp technologiczny w dziedzinie systemów informatycznych i systemów komputerowych.
- Komplikacje wynikające z powyższych uwarunkowań, przy opracowaniu materiału badawczego starałem się ograniczyć do niezbędnego minimum. Każdą próbę uzyskania rozwiązania zadania badawczego poprzedzałem etapem krytycznej analizy literatury przedmiotu, w wyniku której rozpoznawałem dotychczasowy dorobek i sygnalizowane rozwiązania. Jeśli nie uzyskałem zadawalającego poziomu rozwiązania, formułowałem problemy cząstkowe w formie pytań ankietowych, indywidualnego wywiadu kierowanego lub/i pytań do ekspertów. Równoległe do powyżej opisanej procedury badawczej, oprogramowywałem poszczególne wątki modelu, w celu weryfikacji przyjętych rozwiązań teoretycznych. W ten sposób w ciągu 6 lat badań docelowo powstały następujące aplikacje (w wersji finalnej):
 - aplikacja nr 1 WGSCEN (kreowanie bazy danych i przygotowanie scenariusza);
 - aplikacja nr 2 WGSERVER (główna aplikacja odpowiedzialna za synchronizację procesów i komunikowanie się z użytkownikami);
 - aplikacja nr 3 WGCLIENT (aplikacja skojarzona z WGSERVER i zapewniająca wizualizację oraz wykorzystanie rejestrów decyzyjnych dla zdefiniowanej strony w grze).

W przeprowadzonych badaniach można wyróżnić aspekt: teoretyczny i empiryczny, które wielokrotnie przeplatały się ze sobą przy rozwiązywaniu konkretnych zadań badawczych. Aspekt teoretyczny pracy wyraża się w opracowaniu notacji matematycznej wybranych zagadnień i ich udokumentowanie w postaci zapisu formalnego (na poszczególnych etapach procesu badawczego różny był poziom

szczegółowości), zaś etap empiryczny to oprogramowywanie (kolejne wersje programów komputerowych) poprzedzone zbieraniem sądów (opinii).

Ograniczenia wynikające z budowy kompilatora, środowiska w którym pisałem oprogramowanie, szybkości komputera - powodowały, iż wielokrotnie modyfikowałem zapis formalny wybranych części modelu. Najistotniejsze zmiany dotyczyły przyjęcia odpowiedniego poziomu kwantyzacji poszczególnych obiektów występujących w grze. Docelowo każdy z obiektów występujących w grze jest unikatowy. Dla przykładu - dwa samoloty tego samego typu, mimo iż opisane są tym samym zbiorem parametrów, ze względu na różnice w przyjmowanych wartościach tych parametrów decydują o niepowtarzalności każdego z nich. Poza tym różnice w wartościach poszczególnych parametrów mogą uaktywniać nowe procesy, nowe byty. Konkretny wariant uzbrojenia w środki rażenia, które samolot ma na swoim pokładzie powoduje, iż każdy z tych środków odwzorowywany jest osobnym procesem. Samolot, który w pierwszych wersjach modelu był reprezentowany jako obiekt jednorodny (punkt o współrzędnych x , y , h , z nazwą), w wersji finalnej prezentowanej w rozprawie jest skomplikowanym niejednorodnym obiektem opisanym kilkunastoma parametrami.

Badania ankietowe i wywiady oparłem na założeniu, że w wyniku celowego doboru respondentów, posiadających wystarczającą wiedzę o modelowaniu elementów pola walki i o procesach w nim zachodzących, uzyskane zostaną trafne oceny rzeczywistych problemów związanych z konstruowaniem modelu walki sił powietrznych szczebla taktycznego.

W celu trafnego doboru pytań, konstruuąc kwestionariusz ankiety dla reprezentacji badanej populacji, sporządziłem plan pytań odpowiadających szczegółowym problemom badawczym. W rozprawie uwzględniłem zalecenia autorów literatury naukoznawczej, sugestie promotora i pracowników Wydziału Lotnictwa i Obrony Powietrznej Akademii Obrony Narodowej. Z owych sugestii wynikało, że zebrany przeze mnie materiał wyjściowy należy usystematyzować, a pytania ankietowe powinny, jednoznacznie rozstrzygać o zakresie prowadzonych badań. Przed rozdaniem kwestionariuszy ankiety przeprowadzałem obszerny wykład wprowadzając respondentów w język pracy, charakterystyczne pojęcia i definicje. Z analizy uzyskanych odpowiedzi wynikała istotna konkluzja dla dalszego procesu badawczego. Z uwagi na zadeklarowane przeze mnie podejście systemowe, jak i przyjęty cel pracy respondenci opowiedzieli się za rozszerzeniem zakresu prowadzonych przeze mnie badań. Dodatkowe indywidualne konsultacje z respondentami utwierdziły mnie w przekonaniu, że oczekiwane jest ode mnie napisanie konkretnego programu

komputerowego. Jednak niewystarczające zasoby finansowe, które mogłem przeznaczyć na zakup niezbędnych materiałów, części komputerowych, literatury, łącza telefonicznego znacznie wydłużyły w czasie proces pisania aplikacji.

Kwestionariusz ankiety zawierał pytania otwarte, zamknięte i kontrolne. Respondenci odpowiadając na nie wykorzystywali zaproponowane skale pomiarowe – nominalną i porządkową (rangową)¹⁴. Podczas wyboru próby statystycznej zastosowałem dobór celowy, z uwagi na znajomość badanej populacji, możliwość uzyskania bardziej wiarygodnych wyników niż w przypadku doboru losowego oraz ze względu na stosunkowo szybką ekspozycję wyników badań oraz ich niskie koszty¹⁵. Przeprowadzone wywiady, zarówno indywidualne jak i zbiorowe, miały charakter wywiadu kierowanego. Wywiady zbiorowe przeprowadzono w trakcie zajęć katedralnych w Katedrze OP Wydziału Lotnictwa i Obrony Powietrznej, w Zespole Informatyki Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej w Poznaniu (aktualnie Centrum Automatykacji Obrony Powietrznej w Pyrach), jak również w czasie wykonywania obowiązków służbowych w 2 Brygadzie Lotnictwa Taktycznego w Poznaniu (aktualne miejsce mojej pracy).

W procesie weryfikacji sprecyzowanych hipotez roboczych na etapie badań zasadniczych, stosowałem również analizę dokumentacji, przede wszystkim w celu:

- ustalenia określonego poziomu kwantyzacji;
- pozyskania niezbędnych informacji;
- definiowania obiektów występujących w modelu;
- sterowania zasobami;
- określenia odpowiedniego charakteru modelu;
- zaprojektowania poszczególnych procesów;
- zastosowania narzędzi wspomagających;
- wyboru platformy sprzętowej, systemowej i programowej.

Jako dominujące zastosowałem podejście systemowe, wymagające postrzegania zdarzeń w OP z punktu widzenia całości. Wykluczałem redukowalny charakter zdarzeń na polu walki i postrzeganie ich w sposób wyizolowany¹⁶. Powyższe sformułowania wymagają skonkretyzowania poprzez odwołanie się do poszczególnych komponentów mających swoją reprezentację w modelu. Na przykład dla statku powietrznego przed

¹⁴ Łaniec J. D., Elementy statystyki dla pedagogów, Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Olsztynie, Olsztyn 1994.

¹⁵ Organizacja badań ankietowych w wojsku. Poradnik praktyczny, Praca zbiorowa, WAP, Warszawa 1983.

¹⁶ Sienkiewicz P., Analiza systemowa podstawy i zastosowania, Bellona, Warszawa 1994.

startem sprawdzanych jest szereg warunków m.in. warunek o stanie gotowości bojowej, który warunkuje czas rozpoczęcia realizacji zadania (tu startu samolotu). I dalej konsekwentnie zaimplementowane wątki modelu (np.: nalot/obrona mostu, obrona lotniska - w komputerowej grze symulacyjnej) należy postrzegać jako logiczną współzależność między elementami zidentyfikowanego systemu.

Wyodrębnione obiekty opisałem zbiorem dobranych odpowiednio parametrów. Szczegółowe listy typów obiektów i parametrów ich opisujących przedstawiam w rozdziałach: 2 i 4. Każdy parametr występujący w modelu jest wynikiem przeprowadzonego procesu badawczego. Nie ma parametrów przypadkowych, które mają swoją reprezentację w strukturach bazy danych, a nie są użyte choćby raz w zaimplementowanych procedurach.

Opracowując model podjąłem próbę adaptacji którejś z gotowych metodyk modelowania pola walki. Główny wysiłek na tym etapie badań skupiłem na wyodrębnieniu logicznych elementów systemu i powiązań między nimi. Model nie jest statyczny, nie koncentruje się na opisie struktury, toteż postrzegam go w aspekcie zewnetrznym i wewnetrznym. Dla uzyskania przejrzystości rozważań w modelu zewnętrznym wyróżniłem: model struktury logicznej, model dynamiki (tzw. behavioru) oraz model danych. Biorąc pod uwagę strukturę logiczną wyróżnia się zasadniczo dwie konwencje, dwa podejścia do modelowania. Konsekwentnie kontynuując dekompozycję podejść brałem pod uwagę, że w podejściu funkcjonalnym wypracowuje się model logicznej struktury funkcji (czynności) realizowanych przez cały model. Takie podejście reprezentowane jest przez najbardziej znanych klasyków w dziedzinie modelowania:

- Structured Design Constantine'a - Yourdona¹⁷;
- Jackson System Development - Jacksona¹⁸;
- Real-Time Systems Architecture - Warda-Mellora¹⁹;
- Hatley'a-Pirbhai'a²⁰;
- Nielsena²¹;
- Embedded Computer Systems - Lavi-Harela²²,

¹⁷ Yourdon E., Współczesna analiza strukturalna, WNT, Warszawa, 1996.

¹⁸ Jackson M., System Development, C.A.R.Hoare Series, Prentice Hall Inc., 1983.

¹⁹ Ward P.T., Mellor S.J., Structured Development for real-time systems, Yourdon Computing Series, Yourdon Press, Prentice Hall Inc., 1985.

²⁰ Hatley D.J., Pirbhai I.A., Strategies for Real-Time System Specification, Dorset House Publishing, New York, 1988.

²¹ Nielsen K., Designing Large Real-time Systems With ADA, Multiscience Press Inc., 1988.

²² Lavi J.Z., Winokur M., Embedded computer systems: requirements analysis specification: An industrial course, SEI Conference Virginia 1988.

zaś w podejściu obiektowym wyodrębnia się obiekty agregujące system. To podejście ma swoją reprezentację w:

- Object-Oriented Analysis - Yourdona-Coad²³;
- Object-Oriented Structured Design - Wassermanna²⁴;
- Object-Modeling Technique - Rumbaugh²⁵.

Przy pomocy modelu behavioru projektowałem dynamikę systemu poprzez zmiany stanów jego komponentów (przykład mogą stanowić mapy stanów wywodzące się z teorii automatów skończonych). Natomiast logiczny model danych stanowił bazę projektową dla systemów informacyjnych. W tym przypadku system jest widziany przez pryzmat organizacji danych i operacji dostępu do nich.

Kompilacja podejść: funkcjonalnego i obiektowego uzupełniająca się nawzajem, umożliwiła zamodelowanie zależności między wyodrębnionymi elementami systemu obrony powietrznej. Jednak istota tego modelu jest zorientowana na model wewnętrzny, którego immanentną cechą jest uwzględnianie właściwości (ograniczeń) systemu informatycznego, na bazie którego są przetwarzane dane (zapisane w modelu zewnętrznym), jak i sposób przetwarzania (realizacja wymuszeń).

W modelu wyróżniłem komponenty przedmiotu badań (oraz konkretne obiekty będące reprezentantami poszczególnych tych komponentów) – opisane w rozdziale 3. Każdy obiekt opisany jest zbiorem parametrów jednoznacznie go identyfikującym oraz umożliwiającym sterowanie tym obiektem (poszczególne podrozdziały z rozdziału 4 opisują komplet tych parametrów). Model zawiera również elementy związane z zużywaniem zasobów i wizualizację przebiegu gry na tle map, w układzie współrzędnych kartezyjskich (prostokątnych) oraz w układzie współrzędnych geograficznych. Zamodelowane procesy odzwierciedlane w modelu, spełniają warunek jego funkcjonowania w czasie rzeczywistym²⁶ i przyspieszonym. Ponadto istnieje możliwość cofnięcia się do dowolnej chwili czasowej i rozegrania gry od tego momentu w inny sposób (realizując inny ciąg posunięć). Model zapewnia zapamiętanie historii gry i odtworzenie go na życzenie.

²³ Coad P., Yourdon E., Analiza obiektowa, Oficyna Wydawnicza Read Me, Warszawa, 1994.

²⁴ Wassermann A.I., Pircher P.A., Muller R.J., Concepts of Object-Oriented Structured Design, Interactive Development Environments Inc., 1989.

²⁵ Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F., Lorensen W., Object-Oriented Modeling and Design, Prentice-Hall Inc., 1991.

²⁶ 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 realizacji celu, tzn. symulacji procesów w czasie rzeczywistym.

Wybrane epizody przedstawia komputerowa reprezentacja tego modelu, w postaci kilku aplikacji - wybranych epizodów walki. Zostały one zaimplementowane w środowisku MS WINDOWS, za pomocą języka ogólnego przeznaczenia C++.

Konsekwentnie deklarując, że proces badawczy będzie oparty na podejściu systemowym przyjąłem, że **system** to pojęcie desygnujące pewną całość tworzoną przez określony zbiór obiektów (elementów) i powiązań (relacji) między nimi, rozpatrywaną z określonego punktu widzenia (tzw. względu badawczego)²⁷.

Jednym z istotnych wyróżników podejścia systemowego w wojskowych badaniach naukowych jest postrzeganie przedmiotu badań w klasie tzw. systemów wielkich. Obrona powietrzna jest systemem działania o wielkim stopniu złożoności, w którym zachodzą procesy zdeterminowane i probabilistyczne, liniowe i dyskretne. Podejście systemowe w kontekście przyjętej metodyki badań, zapewniło także poprawność zastosowania uproszczeń przy konstruowaniu modelu walki sił OP szczebla taktycznego. Należy również zaznaczyć, iż dzięki podejściu systemowemu automatycznie uzyskałem:

- postrzeganie szczebla taktycznego OP jako podzbioru większego systemu (szczebel operacyjny jest nadsystemem w stosunku do szczebla taktycznego);
- postrzeganie OP jako kategorii złożonej z podsystemów, które można wyodrębnić, tak jak dokonano tego na potrzeby badań (każdy wyodrębniony obiekt stanowi podsystem);
- świadome posługiwanie się modelem systemu OP na różnych poziomach szczegółowości (obiekty złożone, np. lotnisko zostało zdekomponowane na subobiekty i każdy z tych subobiektów stanowi osobny byt).

Prowadzenie badań w oparciu o podejście systemowe realizowane było w wyniku stosowania klasycznych (podstawowych) naukowych metod badawczych - **analizy i syntezy** - integralnych procesów myślowych.

Analiza jako "... sposób nadający się do wielokrotnego stosowania"²⁸... posłużyła do pozyskiwania materiału badawczego w wyniku rozbioru szczegółowego złożonych obiektów badań. Z punktu widzenia analizy obrona powietrzna jako złożony obiekt (system) nie jest poznawalny naukowo bez zrozumienia istoty najdrobniejszych

²⁷ 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) - własne notatki z konsultacji z promotorem płk. prof. dr. hab. inż. Bogdanem Zdrodowskim.

²⁸ Metoda, czyli system postępowania, jest to sposób wykonywania czynu złożonego, polegający na określonym doborze i układzie jego działań składowych, a przy tym zaplanowany i nadający się do wielokrotnego stosowania. Por. T. Kotarbiński, *Traktat o dobrej robocie*, Wrocław 1973, s. 86-87.

(w danym aspekcie badań) związków zachodzących między elementami. Analityczne podejście do OP dało możliwość wyodrębnienia istotnych zależności ze względu na przyjęty cel badań. Analiza jako metoda naukowa badań została zastosowana w rozprawie do zdekomponowania obrony powietrznej na części składowe. Dominująca, w nowożytnej nauce metoda analityczna, której najpełniejsze sformułowanie i rozpowszechnienie jest zasługą Kartezjusza, zawarta w „Rozprawie o metodzie” zaleca, by każde skomplikowane zagadnienie rozbijać na tyle oddzielnych elementów prostych, na ile jest to możliwe i badać przede wszystkim te uproszczone zagadnienia cząstkowe. Po dokładnej i wyczerpującej analizie podstawowych składników badanej sytuacji, drogą syntezy należy na bazie rozwiązań szczegółowych odtworzyć wiedzę o całości²⁹.

Synteza w procesie badań została zastosowana do uzyskania materiału naukowego w wyniku: składania, zestawiania i odtwarzania wyników analizy. Faza projekcji syntezy jako metody badań ma najpełniejszą reprezentację w momencie pisania, implementacji programu komputerowego, gdzie poszczególne części składowe łączone są poprzez polecenia, rozkazy, procedury, moduły i wreszcie cały program. Synteza była w istocie zabiegiem teoretycznym (poznawczym) lub praktycznym polegającym za zespoleniu w jedną całość pojedynczych elementów myślowych (pojęć, teorii) lub elementów materialnych i w tej rozprawie właśnie takie ma przesłanie. W procesach myślowych wyciągania wniosków z przesłanek na bazie zebranego materiału naukowego czy też formułowania definicji bądź sądów naukowych na temat obrony powietrznej, posługiwałem się metodami logiki formalnej - na ile było to możliwe. Logika formalna zapewnia poprawność i precyzję języka naukowego, ponieważ jest to „... nauka, której twierdzenia zbudowane są wyłącznie ze stałych logicznych oraz symboli zmiennych”³⁰. Z przyjętych założeń metodologicznych logiki formalnej wyniknęły następujące kolejne metody badawcze: dedukcja i indukcja.

Dedukcja (wnioskowanie dedukcyjne) to typ wnioskowania, w którym wnioski logicznie wypływają logicznie z przyjętych założeń. Dedukcyjne rozumowanie to przechodzenie od przyczyn do skutków. Ta metoda stosowana była wtedy, gdy znane były ogólne zasady funkcjonowania któregoś z komponentów OP, i ta ogólna zasada przenosiła się na subkomponenty. Dla przykładu jeśli samolot z danym wariantem uzbrojenia został zestrzelony, to konsekwentnie wszystkie procesy (były przypisane np. do podwieszeń) również zostają zestrzelone w danym momencie czasowym. Innymi

²⁹ Descartes R., *Rozprawa o metodzie*, Ossolineum, Wrocław 1970.

³⁰ K. Ajdukiewicz, *Logika pragmatyczna*, Warszawa 1975, s. 98.

słowy rakiety/bomby/... podlegają takim samym „ogólnym prawom” jak statek powietrzny, z którym są skojarzone poprzez podwieszenia.

Indukcja to metoda wskazująca, w jaki sposób na podstawie znajomości elementarnych i szczegółowych zjawisk przechodzić można do ogólniejszych, poznając również zależności między nimi. Wnioskowanie indukcyjne jest charakterystyczne dla badań empirycznych. Źródłem empirii (pośrednim) były regulaminy walki. Wnioskowanie indukcyjne umożliwiło poprawność rozciągania pewnych szczegółowych prawidłowości na wiele elementów systemu obrony powietrznej, wiedząc, że jest to standardowe rozwiązanie. Dla przykładu za pomocą Designera 2000 odkryłem pewną szczegółową zależność, którą rozciągnąłem na wszystkie procesy uwarunkowane czasowo. Otóż wydawać by się mogło, że im wcześniej obrona otrzyma informacje o spodziewanym ataku ŚNP, tym lepiej przygotowuje się do niej. Ale przy rozpatrywaniu tej kwestii w funkcji czasu okazało się, że to stwierdzenie nie zawsze jest prawdziwe. Tylko w określonym przedziale czasu jest ono prawdziwe, gdyż niezależnie jak szybko obrona otrzyma informacje o spodziewanym ataku ŚNP, to i tak musi upłynąć niezbędny czas, który wymagany jest do osiągnięcia odpowiedniego stanu gotowości bojowej do rozpoczęcia oddziaływania na ŚNP. Istnieje zatem pewna wartość krytyczna, której przekroczenie nie jest w stanie zmienić sekwencji zdarzeń, gdyż są one uwarunkowane czasowo.

Analogii jako metody wnioskowania starałem się unikać w prowadzonych badaniach. Opierając się na tezie, iż analogia jest zawodnym sposobem wnioskowania uznałem ją za nieefektywną do prowadzonych przeze mnie badań. Poszukując nowego „spojrzenia”, rozpatrując szczególne przypadki, uznałem za istotniejsze odkrycie i wyeksponowanie nowych zasad, nowych praw, pomysłów, technik niż powoływanie się na analogię, szukanie analogii w oparciu o już istniejące.

Innym zastosowanym zabiegiem poznawczym w badaniach objętych niniejszą rozprawą była **idealizacja**, polegająca na rozpatrywaniu danego zjawiska w warunkach skrajnie uproszczonych, które w rzeczywistości nigdy nie występują. Idealizacja jest zabiegiem charakterystycznym dla procesu modelowania. Na przykład dla lotu samolotu istotne są: opór powietrza, przyspieszenie, stopień wyszkolenia pilota, i inne - jednak w modelu pomijam część z nich jako nieistotne z punktu przyjętego celu badań. Z punktu tego punktu widzenia, owe parametry mają znikomy, pomijalny wpływ na wynik. Idealizacja w połączeniu z **konkretyzacją** – powoduje osłabienie założeń idealizacyjnych. Model nie jest zatem zaciemniany nadmiarem szczegółów. Dzięki takiej postawie, orientując model na wybrane zależności czasowe oraz zobrazowywanie

skutków walki sił OP na szczeblu taktycznym, bez szkody dla adekwatności modelu można było eliminować nieistotne procesy.

Ponadto w badaniach korzystałem z klasycznych procedur myślowych (metod):

- **uogólniania** (przenoszenia twierdzeń na szerszą klasę zjawisk), dla przykładu: aparat matematyczny opisujący zasięg wykrycia stacji radiolokacyjnej jest na tyle złożony, by celowo zrezygnować z zapisu formalnego obliczania tak złożonych zależności. W konsekwencji przeszedłem do zapisu logiki boolowskiej. Ów zabieg rozszerzyłem na cały system identyfikacji obiektów w strefie rozpoznania radiolokacyjnego.
- **abstrahowania** (pomijania w rozważaniach określonych elementów, uznanych w konkretnym kontekście za nieważne i wyodrębnianiu tylko elementów istotnych). Znanym zjawiskami są okresowe przeloty ptaków. Toteż z punktu widzenia bezawaryjnego dotarcia statku powietrznego ze względu na ten aspekt powinno się sprawdzać warunek czy takie zagrożenie istnieje i w jakim stopniu ma ono wpływ na konkretne działania. Jednak z punktu widzenia celu pracy wydaje się, że można abstrahować od tego zjawiska.
- **porównania** (wykrywania cech podobieństwa i odmienności) badanych przedmiotów. Otóż w trakcie badań jednoznacznie ustaliłem, że lotnisko należy postrzegać jako obiekt złożony z subkomponentów zależnych względem siebie. Ta konkluzja wymusiła zweryfikowanie modelu pod kątem rozbicia na subkomponenty innych obiektów. Mianowicie dany wariant uzbrojenia samolotu został rozbity na tyle bytów, ile samolot posiada podwieszeń.

Prowadzone przeze mnie badania skłaniają do sformułowania zasadniczej konkluzji, iż w przypadku modelowania bardzo złożonych systemów (OP), stosowanie metod i technik badawczych w „czystej” formie jest bardzo utrudnione. Wydaje się, iż najlepsze wyniki osiąga się umiejętnie łącząc wiele metod ze sobą, jak również technik w ramach tych metod. Rozwijając tę konkluzję i konkretyzując ją, odwołam się do przyjętej metodyki modelowania. W fazie wstępnej prac badawczych poszukiwałem metodyki adekwatnej do modelowanych procesów w OP (procesy szybkozmienne, skala trójwymiarowa, współbieżność). Zauważyłem możliwość zastosowania tu co najmniej trzech zasadniczych podejść:

- badacz stosuje gotową metodykę;
- modyfikuje istniejącą metodykę;
- konstruuje nową metodykę.

Niestety każde z tych podejść ma określone wady, a co najmniej budzące uzasadnione wątpliwości. Zastosowanie gotowej metodyki wydaje się intuicyjnie najlepsze. Gotowe metodyki, które proponują, m.in.: prof. Amelińczyk (metody optymalizacji), prof. Chudy (badania operacyjne), prof. Chojnacki (modelowanie matematyczne), rzeczywiście proponują spójne algorytmy postępowania. Niestety aparat matematyczny, którym się posługują wymienieni autorzy, mimo iż jest wyjątkowo zaawansowany nie obejmuje całości modelowanych zjawisk. Twierdzenia, lematy, założenia są kolejnymi uproszczeniami, które w efekcie ich zastosowania na tyle redukują problem walki OP na szczeblu taktycznym, że zastosowany aparat matematyczny – mający zapewnić rozwiązanie problemu, nie zapewnia odpowiedniej adekwatności modelowanej rzeczywistości w efekcie tych uproszczeń. Drugie z tych podejść polegające na modyfikacji którejś ze spójnych metodyk również ma bardzo istotną wadę. Modyfikacja któregoś z elementów propaguje się na kolejne elementy/etapy. W wyniku czego dana metodyka przestaje być użyteczna, gdyż owe zmiany generują nowe problemy nie brane pod uwagę w danej metodyce, lub powstaje zupełnie nowej jakości problem. I wreszcie trzecie podejście – wydaje się najbardziej ambitne - ale ono ma również wady. Nowa metodyka wymaga bardzo solidnych podstaw naukowych jej stworzenia. Ponadto jest trudno weryfikowalna w jednym zastosowaniu, a przez to nie gwarantuje osiągnięcia spodziewanych rezultatów.

Toteż wybór przeze mnie podejścia obiektowego, do którego adoptuję techniki nieobektowe powoduje, iż co prawda czystość formy nie jest zachowana, ale zyskuje uniwersalność stosowania metod. Sądzę, że wyizolowane procesy powinny być rozwiązywane aparatem najlepiej do nich przystającym. Dla procesu strzelania zestawu raketowego stosuję mechanizmy SMO (kolejka FIFO z ograniczoną poczekalnią), dla określenia stanu zniszczenia obiektu stosuję mechanizm generatora liczb pseudolosowych, dla zindeksowania procesów i bytów stosuję notację z modelowania matematycznego, a na etapie analizy (Designer 2000) stosowałem technikę zwaną „poszerzaniem sfery absurdu” (na zdarzenia niedefiniowalne).

Konkludując pragnę podkreślić, iż przy konstruowaniu modelu była istotna dekompozycja całości modelu (kolejnych etapów jego powstawania) na problemy cząstkowe, przy jednoczesnym uwzględnianiu całości i ciągłości procesów charakteryzujących walkę sił OP na szczeblu taktycznym, by w konsekwencji na etapie syntezy uwzględnić korelacje między tymi problemami cząstkowymi. Złożoność procesów charakteryzujących pole walki powoduje, że ich analiza jest utrudniona. Dekompozycja pola walki na problemy cząstkowe nie w pełni wyjaśnia wyizolowane

zjawisko. Wydaje się, iż niewłaściwym podejściem byłoby rozpatrywanie działania stacji radiolokacyjnej bez korelacji tej stacji z konkretnym obiektem, (np. samolotem).

Uogólniając, badania wyizolowanych problemów cząstkowych i ich sumowanie, nie wyjaśniają złożonego zjawiska, gdy brak jest informacji o korelacji poszczególnych bytów i procesów. Dlatego istotnym zadaniem było zidentyfikowanie praw, które rządzą systemami OP na polu walki (głównymi determinantami były: przestrzeń trójwymiarowa i czas), na istotnych dla pracy poziomach organizacji. Proponowane przeze mnie w rozprawie podejście systemowe oznacza przede wszystkim współzależność procesów występujących na polu walki.

Wydaje się, iż w szczególnych przypadkach modelowania OP sprawdzają się zaawansowane metody matematyczne. To, że są one przydatne przy badaniu wyizolowanych w czasie i przestrzeni elementów charakteryzujących pole walki nie oznacza, iż istnieje formalny aparat matematyczny dający możliwość globalnej analizy zjawisk występujących w OP. Ale wyróżnienie w każdym zdefiniowanym procesie jego podstawowych czynników daje możliwość poznania fundamentalnych typów oddziaływań i najmniejszych składników charakteryzujących dany proces. Na podstawie tej wiedzy można odtworzyć własności złożonych obiektów i procesów materialnych – jednak w przypadku OP metoda ta jest niewłaściwa. Przedstawiona kartezjańska metoda badawcza prowadzi więc do mikroredukcjonizmu, który nie mógł mieć w tej pracy pełnego zastosowania.

Praktyka jest szczególnym przypadkiem teorii. W konstruowaniu interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej - w szczególności badanych przeze mnie systemów OP, które wyróżnia między innymi szybkość zmian sytuacji, krótkotrwałość wykonywania zadań, współbieżność oraz probabilistyczny i wielokryterialny charakter realizacji celów, a przede wszystkim współzależność między nimi - własności te nie dają się opisać za pomocą rozbicia na proste części. Wydaje się iż, by właściwie analizować elementy pola walki (postrzeganego trójwymiarowo z funkcją czasu) należy je postrzegać w taki sposób, że ma ono (pole walki OP) nieredukowalny, całościowy charakter. Zatem konieczne było przy konstruowaniu modelu walki zarówno badanie samych procesów jak również ich analizowanie z punktu widzenia całości. Jednak są „koszty” uboczne takiego podejścia. Próby całościowego opisu zjawisk są znacznie bardziej złożone i trudniejsze – toteż w konsekwencji należy się spodziewać znacznie skromniejszych rezultatów. Te próby nie dają jednak interesujących rezultatów z powodu braku odpowiednich metod opisu i ilościowej analizy zjawisk. Badanie pola

walki sił OP jako zespołu, słabo ze sobą powiązanych prostych składników prowadzi do zbyt ubogiego naukowego obrazu walki. Obraz taki prezentuje tylko jeden aspekt walki, jako atomistyczną strukturę, natomiast jego złożoność i jego całościowy charakter nie powinien być ignorowany, jako analityczna metoda badawcza. Uogólniając, pole walki charakteryzuje się m.in. tym, iż raczej nie występują na nim proste układy o słabo powiązanych elementach. Wydaje się, że to co najistotniejsze (to co determinuje w tej dysertacji tzw. względ badawczy) związane jest z istnieniem układów silnie zintegrowanych tworzących spójne całości. Układy takie nazywane są systemami. Na potrzeby rozprawy ogólną teorię systemów postrzegałem jako pewną metodykę badań, a jednocześnie interdyscyplinarną dziedzinę wiedzy badającą prawa organizacji, działania i rozwoju wszelkich systemów. Zastosowana metodyka badań w pracy to myślenie, konwencja i podejście systemowe.

Myślenie systemowe w tej rozprawie to przede wszystkim postulat postrzegania całości badanych układów. Całość tę w zależności od potrzeby podzieliłem na określone części, powiązane określonymi relacjami. Części te i relacje nie mają charakteru niezależnego od badacza jak też od nich samych. Można wprawdzie wykazać, że podział systemu jedną metodą prowadzi do lepszego poznania jego struktury i własności niż zastosowanie innej metody. Wydaje się, iż nie ma jednak metody najlepszej. Gdyby istniała metoda pozwalająca na zupełne poznanie danego systemu, byłaby ona przeciwna myśleniu systemowemu, mimo iż układ byłby systemem. Każdy podział na części prowadzi do utraty pewnej informacji o całości, do zagubienia jej integralnego charakteru. Nie oznacza to, iż prezentuję pogląd o niepodzielności pewnych systemów. Dzieląc system na jakiegokolwiek części, czegoś się o nim dowiadujemy, chodzi o to by pamiętać cały czas, że również coś tracimy. Dlatego istotna jest tutaj tzw. „sztuka upraszczania”³¹. Należy ją rozumieć jako umiejętność kontrolowanego tworzenia uproszczonych modeli badanej sytuacji, zbyt skomplikowanej dla całościowego opisu jej własności i struktury. Konstruowanie modelu walki sił OP należy zaliczyć do klasy systemów wielkich. Struktur takich jak pole walki nie można opisywać, konstruować modeli ani zrozumieć, odwołując się do ich części, są one uporządkowaniem dzięki całości i zrozumiałej jedynie na jej poziomie.

Całość skonstruowanego modelu oparta jest na zależnościach czasowych, tworząc nietrwale związki, zależności, byty. W strukturach dysypatywnych

³¹ Własne notatki z konsultacji z promotorem płk. prof. dr. hab. inż. Bogdanem Zdrodowskim.

(nietrwałych, które w OP mają miejsce) pojawiają się swoiste prawa organizacji walki, w dużym stopniu niezależne od natury składników tych struktur. Możliwe do zrozumienia tylko dzięki postrzeganiu jako całości.

1.5. Literatura przedmiotowa

Badania nad skonstruowaniem modelu walki sił OP szczebla taktycznego zostały poprzedzone zgromadzeniem i przestudiowaniem literatury, w szerokim tego słowa znaczeniu. Literaturę tę podzieliłem na:

- literaturę metodologiczną;
- literaturę teorii problemu;
- literaturę odzwierciedlającą przedmiot badań (regulaminy, skrypty, podręczniki, itp.);
- literaturę techniczną, przede wszystkim informatyczną.

Literatura metodologiczna umożliwiła dogłębne poznanie struktury procedury badawczej oraz metod, przy pomocy których mogłem rozwiązać zdefiniowany problem badawczy. Do zbioru tego należy zaliczyć pozycje zawierające obszerny opis metod badań naukowych i sposobów podejścia do rozpatrywanych problemów badawczych.

Pozycje [I/1], [I/2], [I/3], [I/4], [I/5], [I/12], [I/13] wspomagały usystematyzowanie zebranego materiału empirycznego, zapewniając jednocześnie naukowy rygor wnioskowania na zebranych materiale empirycznym [I/21], [I/22]. Istotnym problemem było również przetworzenie faktów naukowych w system pojęć teorii problemu. Informacje uzyskane po analizie pozycji [I/6], [I/10] pozwoliły usystematyzować reguły edycyjne, według których nastąpiło opracowanie zebranego materiału.

Literatura teorii problemu stanowi również bardzo obszerny zbiór. By przeanalizować chociażby najistotniejsze pozycje z tego zbioru potrzeba co najmniej kilku lat systematycznej pracy. Dodatkowe problemy stanowią permanentne zmiany zachodzące w OP RP, wynikające z integracji ze strukturami NATO. Szkieletem, wokół którego zbudowana została konstrukcja rozprawy jest dorobek naukowy płk. prof. dr. hab. inż. Bogdana Zdrodowskiego, m.in. [II/1], [II/2], [II/3], [II/4], [II/5], [II/6], [II/60], [II/61], [II/62], [II/63], [II/64].

Literaturę tę umownie podzieliłem na literaturę dotyczącą identyfikacji OP, szczebla taktycznego OP, modelowania, dotyczącą topografii oraz walki sił OP szczebla taktycznego. Na podstawie [II/24], [II/25], [II/26], [II/27], [II/28], [II/29], [II/58] zostały opisane aspekty dotyczące szczebla taktycznego.

Regulaminy działań [III/10], [III/11], [III/12], STANAG-i (zasadnicze unormowania dotyczące formy i treści dokumentów w armiach NATO zawierające Porozumienia Standaryzacyjne – STANdardization AGreements) [III/1], [III/2], [III/3], [III/4], [III/5], ATP (uszczegółowienie treści ze STANAG-ów znajduje się w dokumentach: Publikacje Sprzymierzonych - Allied Publication) [III/6], [III/7], [III/8], [III/9] stanowiły uzupełnienie literatury teorii problemu.

Literatura techniczna przede wszystkim informatyczna [IV/1], [IV/2], [IV/3], [IV/4], [IV/5], [IV/6], [IV/7], [IV/8], była pomocna przy opracowywaniu projektów, przypisów wyjaśniających znaczenie pojęć, jak również przy implementacji wybranych wątków modelu.

Analiza zgromadzonych własnych notatek ściśle powiązana była z analizą literatury w szerokim tego słowa znaczeniu. Ta pierwsza prócz wymienionych wyżej obszarów miała również na celu skonfrontowanie zastosowania osiągnięć teoretycznych wskazywanych przez literaturę przedmiotu w procesach konstruowania systemów walki. Skonstruowano i konstruuje się je (modele walki) w dalszym ciągu (AON, ITWL, WAT, IASD). Jednak tylko znikomy ułamek tych modeli przyjmuje końcową postać w formie działającej aplikacji (lub szerzej systemu informatycznego), a te działające zobrazują najczęściej bardzo wąski wycinek pola walki przy wyjątkowo drastycznych uproszczeniach.

W wyniku analizy bardzo obszernej literatury, badań i wywiadów które przeprowadziłem, można określić kilka zasadniczych obszarów stanowiących główny problem przy konstruowaniu modeli OP, mających swoją reprezentację w postaci systemów informatycznych:

- komputerowe mapy terenu (nadające się do wykorzystania, w odpowiedniej skali (skalach), z możliwością uzyskania efektów jak w przestrzeni trójwymiarowej);
- mała moc obliczeniowa komputerów (w celu zapewnienia symulacji dla np. 500 procesów co najmniej w czasie rzeczywistym);
- stosunkowo długi proces technologiczny powstawania takiego systemu, przy ciągle i bardzo dynamicznie zmieniającej się rzeczywistości (restrukturyzacja i integracja ze strukturami NATO, zmieniające się techniki i narzędzia);
- niekonsekwencja w analizach ekonomicznych decydentów (uśredniając wystrzelenie jednej rakiety balistycznej kosztuje tyle ile zatrudnienie zespołu projektantów/programistów na okres kilku lat);

- brak koordynacji i udostępniania dorobku w tej materii między ośrodkami zajmującymi się modelowaniem pola walki (co jest oczywiste chociażby z punktu widzenia wartości komercyjnej tego typu produktów).

Jednak na podstawie analizy dostępnej literatury należy stwierdzić, iż zdecydowana większość opracowań cechuje niedostatek całościowego przedstawiania procesu konstruowania modeli walki (w szczególności modeli walki sił powietrznych). Z reguły w rozważaniach teoretycznych spotkać się można z ujęciem selektywnym, oferującym obraz rozległej wiedzy bądź tylko z zakresu działania lotnictwa, działania wojsk raketowych, bądź jeszcze wężiej: przedstawiane są problemy dotyczące wariantów uzbrojenia dla danego typu samolotu.

Literaturę pomocniczą [IV/9], [IV/10], [IV/11], [IV/12], [IV/13], [IV/14], stanowiły głównie wydawnictwa encyklopedyczne słownikowe, artykuły popularnonaukowe. Mimo niejednokrotnie uogólnionych oraz nie zawsze wystarczająco uzasadnionych w sposób naukowy zgłaszanych tam tez, traktujących badane przeze mnie problemy wybiórczo i skrótowo, literatura pomocnicza była niezbędna w rozwiązaniu niektórych problemów cząstkowych.

Konkludując – w literaturze teorii problemu, tylko znikomy jej procent przedstawia zagadnienia dotyczące modelowania walki OP na szczeblu taktycznym. Literatura dotycząca modelowania, optymalizacji wielokryterialnej główny nacisk kładzie na stronę formalną i postuluje, by każdy problem badawczy był zapisywany właśnie w postaci tego języka (matematycznego) lub też w takiej notacji, która nadaje się do przetransponowania na kod programu komputerowego, aplikacji. Toteż posiłkując się treściami ze zgromadzonej literatury rozwiązywano kolejne zadania badawcze:

- wyodrębniono najistotniejsze zjawiska, występujące w OP;
- określono ograniczenia oraz elementy rzeczywistości nie odwzorowywane w modelu;
- określono format danych dla parametrów opisujących obiekty;
- przyjęto określony poziom kwantyzacji procesów odzwierciedlanych w modelu dla poszczególnych obiektów;
- zdefiniowano charakter poszczególnych modelowanych zjawisk (zdeteminowane czy probabilistyczne);
- w zależności od charakteru modelowanych zjawisk opisano je za pomocą zależności matematycznych;

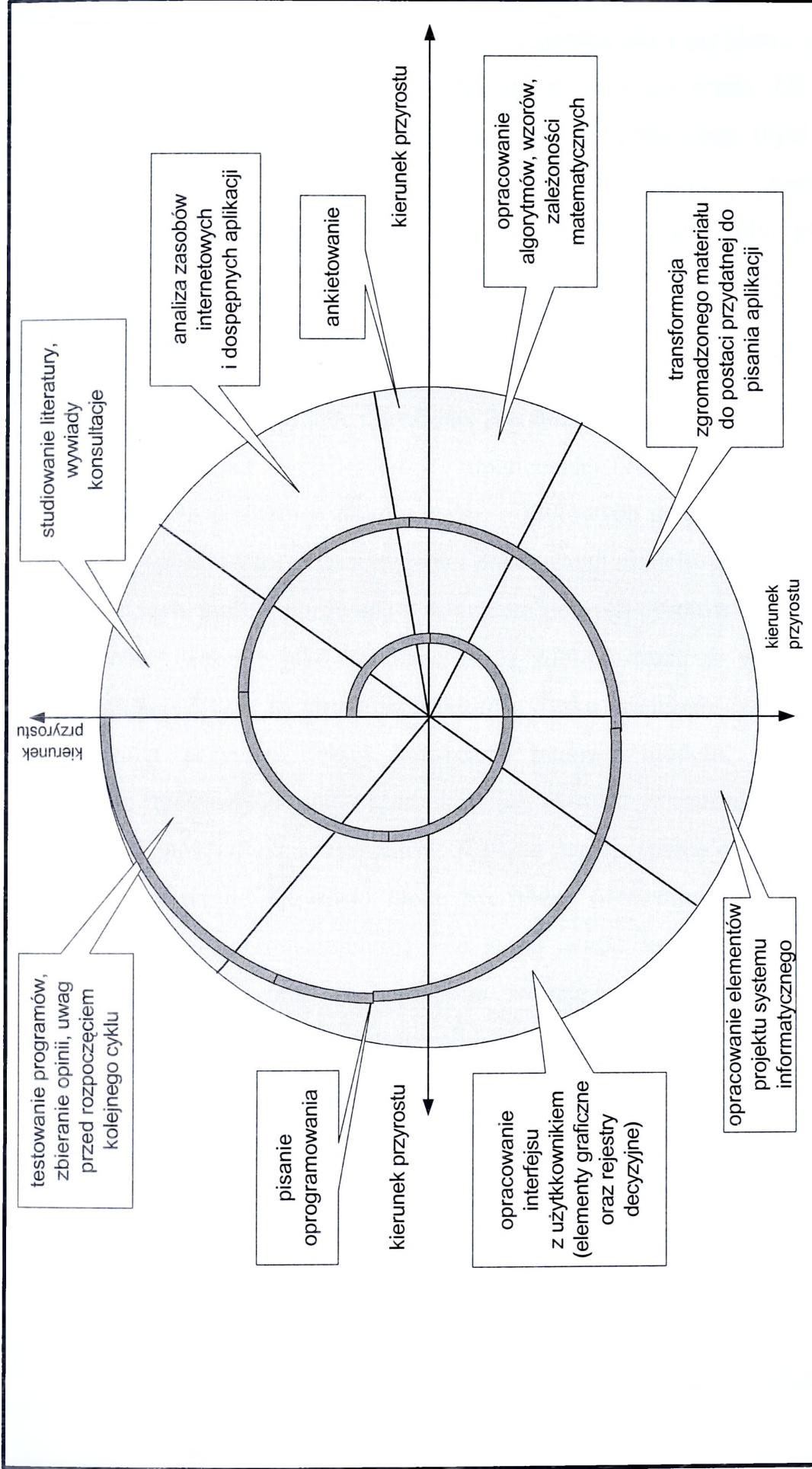
- zdefiniowano rejestry decyzyjne dla walczących stron i skojarzono je z konkretnymi obiektami;
- opracowano dwustopniowy mechanizm autoryzacji użytkownika;
- wyodrębniono zjawiska fizycznogeograficzne i sposób ich zobrazowania;
- opracowano mechanizm kreowania scenariusza;
- opracowano mechanizm definiowania stron w grze;
- opracowano mechanizm przypisania poszczególnych obiektów dla danej strony w grze;
- zdefiniowano modele poszczególnych procesów cząstkowych;
- zdefiniowano obiekty elementarne, reprezentowane w modelu;
- opracowano wskaźniki reprezentujące zużywanie się wybranych zasobów w grze;
- wyodrębniono wskaźniki charakteryzujące zdefiniowane obiekty elementarne;
- określono/oszacowano zakres zmian wartości dla wskaźników charakteryzujących obiekty;
- uwzględniono wybrane opóźnienia wynikające z propagacji informacji;
- zapewniono mechanizm definiowania lotniczych środków bojowych;
- zapewniono definiowanie wariantu uzbrojenia dla wybranego typu środka walki;
- zapewniono definiowanie różnych ugrupowań AŚO;
- zapewniono definiowanie różnych sposobów ugrupowań ŚNP;
- określono zależności, według których będą zużywane i odnawiane wybrane zasoby gry;
- określono zakres wpływu koordynatora na zasoby gry;
- opracowano mechanizm przesyłania komunikatów między użytkownikami gry;
- zdefiniowano kryterium pomiaru osiągnięcia celu obrony powietrznej;
- określono zakres stosowania metody opartej na dekompozycji problemu na problemy cząstkowe i sumowaniu rozwiązań cząstkowych - przy konstruowaniu modelu walki sił OP szczebla taktycznego;
- przeprowadzono analizę dostępnych platform sprzętowych, programowych i systemowych oraz wypracowano wariant najlepszy do modelu i implementacji komputerowej gry symulacyjnej;

- wybrano język programowania i kompilator zapewniający implementację procesów symulacyjnych oraz wizualizację;
- rozpoznano protokół TCP/IP pod kątem jego zastosowania w grze;
- opracowano kilka skali map i mechanizm zmiany skali mapy z zachowaniem wszystkich elementów rozmieszczonych na którejś z nich;
- opracowano piktogramy zgodne z notacją NATO-wską reprezentujące obiekty w grze;
- opracowano mechanizm replikacji danych;
- opracowano mechanizmy synchronizacji danych między użytkownikami;
- opracowano mechanizm zapamiętywania i odtwarzania przebiegu gry.

Chciałbym w tym miejscu zwrócić uwagę na dalszą konkretyzację wymienionych wcześniej zadań badawczych, które ulegały w procesie badawczym właśnie takiemu dalszemu rozszerzeniu oraz uszczegółowieniu. Poza tym rozwiązanie poszczególnych zadań miało zapewnić wykonanie aplikacji (napisanie programu, programów komputerowych), pozwalających na weryfikację przyjętych rozwiązań. Każde zadanie należało rozwiązać tak, by wynik tego rozwiązania mógł być wykorzystany, zastosowany do pisania konkretnych procedur, funkcji, linijek kodu - bez dodatkowych etapów transformacji cząstkowych wyników badań. Istotne jest również spostrzeżenie wynikające z analizy najnowszej literatury, która w sposób pośredni lub bezpośredni postuluje wspieranie się techniką komputerową w całej rozciągłości procesów badawczych. Podkreślając, że technika ta umożliwia objęcie większej ilości informacji, umożliwiając jednocześnie systematyzację, porządkowanie, oraz nową jakość nabywanej wiedzy (postać wygodną dla etapu pisania aplikacji) i co dla mnie było bardzo istotne - zapewnienie reprezentacji tej wiedzy w notacji zrozumiałej dla projektanta/programisty.

Konkludując całość treści rozdziału poświęconego założeniom badawczym, mam świadomość wielowątkowości modelowanych procesów, silnych korelacji między nimi, złożonych mechanizmów, które modelowałem, ale również świadomość własnych ograniczeń oraz braku wystarczającej wiedzy i umiejętności. Zatem poszukiwałem najlepszego dla mnie podejścia do modelowania, które w konsekwencji miało doprowadzić do skonstruowania interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej.

Wspominając o ograniczeniach mam na myśli w szczególności:



NR RYS. 1.5.1.	TYTUŁ: METODYKA KONSTRUOWANIA MODELU			PROJEKTOWAŁ:	por. J. Zych	2001.09.27	7.2004.	MODEL WALKI SIL OP SZCZEBŁA TAKTYCZNEGO
BEZ SKALI	KREŚLIŁ:			por. J. Zych	2001.09.27	7.2004.		

- ograniczenia finansowe;
- pracę jednoosobową;
- ograniczenia czasowe;
- ogrom problemów natury interdyscyplinarnej do rozwiązania.

Ograniczenia te spowodowały, że przyjąłem technologię konstruowania modelu, częściowo chociaż niwelującą owe ograniczenia i docelowo gwarantującą odpowiedni produkt finalny (aplikacje realizujące wybrane wątki OP szczebla taktycznego). Przyjmując spiralny model postępowania badawczego (rys. 1.6.1.), odrzucając inne możliwe (m.in. kaskadowy, model V, prototypowania, montażu z gotowych komponentów), przyjąłem bardzo prosty i intuicyjny - ale skuteczny - jego mechanizm. Rozwój powstawania modelu jest reprezentowany przez spiralę obracającą się zgodnie z kierunkiem ruchu wskazówek zegara i oddalającą się od środka układu współrzędnych kartezjańskich. Każde okążenie po spirali (przemieszczenie o 360°) reprezentuje zbadanie określonej literatury, uwzględnienie uwag promotora i ekspertów, wzbogacenie swojej wiedzy i umiejętności oraz możliwości technologiczne związane z przeniesieniem wyników badań cząstkowych na postać aplikacji. Początkowe obroty tej spirali to specyfikacja części docelowego modelu. Zatem technologię konstruowania modelu można porównać z szeregiem pełnych obrotów rozkręcającej się spirali. Każdy obrót traktuję jako przejście przez zdefiniowaną, w wyniku procedur badawczych, pewną liczbę segmentów (sektorów dysku twardego czy porcji tortu). Wśród wielu zalet przyjęcia takiej konwencji budowy modelu, szczególną uwagę zwracam na możliwość zmiany kierunków jak również w uzasadnionych przypadkach zamiany kolejności owych segmentów. Kolejne iteracje (pełne obroty) zapewniają przyrost, przy czym tempo przyrostu może być różne (determinowane najczęściej wspomnianymi wcześniej ograniczeniami). Nie mniej jednak każdy z kolejnych przyrostów systemu jest rozszerzoną funkcjonalnie wersją poprzedniego. Przyjąłem bardzo silne ograniczenie, będące jednocześnie założeniem, że specyfikacja wymagań jest zamknięta i nie będzie poddawana zmianom (w szczególności rozszerzeniom) przy tworzeniu kolejnych przyrostów. Z tego właśnie powodu zakres modelu jest tak rozległy. Spośród licznych zalet takiego podejścia do modelowania istotny jest również fakt wprowadzenia systemu do użytkowania znacznie wcześniej niż w przypadku innych podejść. Wykorzystywanie dostarczonego systemu w wersji okrojonej, nie przetestowanej względem warunków brzegowych, (w wersji Beta) funkcjonalnie daje użytkownikom możliwość bardzo wczesnego przedstawienia uwag, które w kolejnej iteracji będą mogły być uwzględnione.

2. Przedmiot badań

Rozdział ten poświęcony jest sprecyzowaniu, wyjaśnieniu i autorskiej interpretacji podstawowych elementów modelowanej rzeczywistości, będącej przedmiotem badań. Wyszczególniam tu i opisuję komponenty mające swą reprezentację w modelu, które postrzegane są przez pryzmat przewidywanych zastosowań informatycznych aspektów konstruowania modelu. Podstawową formą przedstawienia rezultatów moich badań jest tu opis, uzupełniony stosownymi rysunkami i zestawieniami. W rozdziale tym posługuję się przede wszystkim terminologią nauk wojskowych, definiując obronę powietrzną, wyjaśniając pojęcia walki, szczebla taktycznego, przedstawiając reprezentantów sił OP - w postaci rodzajów obiektów, opisując relacje między poszczególnymi atrybutami obiektów. Rozdział ten jest etapem mającym określić zakres i istotę modelowanej rzeczywistości, bezpośrednio poprzedzającym niezbędne zapisy formalne oraz implementację. W załączniku 2 przedstawiam przykładowe, ogólne opisy komponentów, obiektów i subobiektów będących przedmiotem badań. Opisanie tych kilku przykładowych reprezentantów pozwoliło na pełniejsze udokumentowanie procedur badawczych. W oparciu o badania ankietowe, konsultacje grupowe i wywiady, wyodrębniłem i zdefiniowałem najistotniejsze parametry mające zapewnić wymaganą funkcjonalność oraz reprezentatywność całości modelu.

Istotnym elementem tego rozdziału jest pojęciowy model danych zawierający interpretację encji³², ich atrybutów oraz powiązań między nimi. Jest to szkielet struktury bazy danych, rozszerzony o schemat powiązań między obiektami informacyjnymi. Definicja struktury i zależności w bazie danych, przedstawiona w postaci rysunków zmniejsza moim zdaniem poziom entropii i porządkuje dalsze etapy konstruowania modelu. Struktura ta pozwala na:

- identyfikację obiektów danych (przy zachowaniu rozróżnienia co jest obiektem informacyjnym (encją), a co jest atrybutem opisującym dany obiekt);
- wyodrębnienie powiązań między encjami;
- identyfikację procesów działania odpowiadających za kreowanie, modyfikowanie, używanie i usuwanie encji;
- określanie zakresów atrybutów, wydzielenie tych, które mogą być kluczami głównymi w projektowanej bazie danych oraz określa typy i formaty danych.

³² Encja jest pojęciem abstrakcyjnym modelu danych. Modele danych są opisywane w kategoriach encji, atrybutów, domen i powiązań. W projektowanym systemie encja znaczy jakiś byt, o którym system musi przechowywać informacje.

2.1. Obrona powietrzna

Obrona powietrzna jest skomplikowaną i niejednoznaczną kategorią, wielorako definiowaną. W zależności od wiedzy definiującego o przedmiocie definicji i wiedzy definiującego o adresacie definicji, są one zróżnicowane. Jednak za najważniejszy wyróżnik (z punktu widzenia konkretyzacji i użyteczności) należy uznać kontekst. W opinii autora definicje odwołujące się do kategorii najbardziej ogólnych przystają do rozważań na etapie koncepcyjnym, zaś te kontekstowe są bardziej przydatne dla rozwiązań inżynierskich.

Najogólniej OP określają autorzy encyklopedii i słowników powszechnych. Definicje OP skierowane dla szerokiego kręgu odbiorców pozbawione są cech, których oczekują specjaliści, profesjonalści wojskowi. Oto kilka przykładów:

Obrona powietrzna jest zarówno aktywna jak i pasywna. Aktywna obrona powietrzna odpowiada za zbrojne odparcie atakujących sił przeciwnika, przechwytyjąc i niszcząc jego siły. Pasywna obrona powietrzna leży w odpowiedzialności władz cywilnych i ma za zadanie zmniejszenie skutków uderzeń powietrznych różnymi sposobami³³.

Obrona powietrzna (Défense aérienne) to militarna forma obrony o charakterze permanentnym i ogólnowojskowym, mająca na celu...³⁴....

Obrona powietrzna jest wspólnym zadaniem wszystkich rodzajów sił zbrojnych. Jej celem jest.....³⁵.

Obrona powietrzna to ogół środków obronnych, wydzielonych do niszczenia atakujących samolotów lub rakiet wroga w ziemskiej atmosferze lub uniemożliwienia (zmniejszenia skuteczności) takich ataków³⁶.

Łatwo zauważyć, że powyższe definicje to próby zastępowania jednych niewyjaśnionych kategorii innymi, również trudno definiowanymi lub wręcz niewiadomymi. Zamiast definicji podawane są opisy: co jest celem obrony, jakie są rodzaje obrony, że obrona powietrzna jest częścią większej całości.

Inna grupa definicji kładzie nacisk wybiórczo na ujęcie rzeczowe (reizm poznawczy), funkcjonalne (procesualizm poznawczy) – oto kilka przykładów:

Obrona powietrzna wojsk to zespół przedsięwzięć i działań bojowych wojsk w celu ...³⁷.

³³ The Encyclopedia Americana, Grolier Incorporated, Danbury, Connecticut 1992.

³⁴ Glossaire interarmees des termes et expressions relatifs a l'emploi operationnel des forces. College Interarmees de Defense, Paris 1998.

³⁵ Regulamin działań taktycznych wojsk lądowych – HDV(HEERES DIENST VORSCHRIFT) 100/100, 1998

Obrona powietrzna to całokształt przedsięwzięć w skali państwa (bloku państw) mających na celu ...³⁸.

Obrona powietrzna to działania bojowe i różnorodne przedsięwzięcia podejmowane przez państwo w celu....³⁹.

Kompleksowe przedstawienie definicji OP wymaga odwołania się do najnowszych publikacji NATO, o charakterze doktrynalnym, gdzie rozbudowana zostaje definicja OP, o pojęcia połączonej OP i rozszerzonej OP. Te definicje również zawężają zjawiska OP do jej celowo – czynnościowego aspektu

Połączona OP powinna służyć integrowaniu możliwości OP wszystkich komponentów (rodzaju sił zbrojnych) w celu osłony pola bitwy zgodnie z planem kampanii⁴⁰

Rozszerzona OP - obrona przed zagrożeniami bronią wysokiej technologii, masowego rażenia i ich środkami przenoszenia, taktycznymi raketami balistycznymi, taktycznymi raketami aerodynamicznymi, samolotami załogowymi i środkami bezpilotowymi jest nazywana rozszerzoną OP⁴¹.

Jeszcze inną konwencją w jakiej jest definiowana OP jest posilkowanie się słowem – „system”, pojęciem mającym stworzyć substytut istoty OP. Wydaje się, iż w tym przypadku definiujący chce zwrócić uwagę na aspekt postrzegania OP przez pryzmat podejścia systemowego. Jednak z punktu widzenia systemologii, istotne jest by OP postrzegana była przede wszystkim w płaszczyźnie funkcjonalnej, morfologicznej i dynamicznej, a stosowane metody poznawcze oraz język były powszechnie uznawane przez tę dziedzinę. Natomiast stosowanie alternatywnych podejść poznawczych wymaga innych punktów odniesienia, innego aparatu pojęciowego, co przede wszystkim dyskredytuje definicje oparte na pojęciu – „system”. Oto przykłady:

Obrona powietrzna sprowadza się do organizacji wszystkich tych przedsięwzięć, które mogą przyczynić się do zmniejszenia skuteczności uderzeń z powietrza⁴²

Obrona powietrzna kraju to system sił i środków oraz przedsięwzięć mających na celu...⁴³.

³⁶ Dictionary of military and associated terms. Department of Defense, Washington, 1.06.1987.

³⁷ Słownik wojennych terminów. Wojsko Izdatelstwo, Moskwa 1988.

³⁸ Mała encyklopedia wojskowa. MON, Warszawa 1970.

³⁹ Leksykon wiedzy wojskowej. MON, Warszawa 1979.

⁴⁰ AJP-3.3 (ATP 33 (C)) Doktryna powietrzno-kosmicznych działań połączonych

⁴¹ Tamże

⁴² Giulio Douhet, Panowanie w powietrzu, wyd. MON, Warszawa 1965

⁴³ Mała encyklopedia wojskowa. MON, Warszawa 1970.

Wydaje się, że bliższe akceptacji są definicje łączące podejście reistyczne i procesualistyczne. Przykłady reprezentujące to podejście to:

Obrona przeciwrakietowa to zespół sił, środków i działań wchodzących w skład OP, mająca za zadanie uniemożliwienie osiągnięcia celu przez głowice pocisków raketowych nieprzyjaciela⁴⁴.

Obrona przeciwlotnicza to całokształt sił, środków i przedsięwzięć mających na celu⁴⁵.

Podsumowując te treści - w opinii autora najbardziej wnikliwe i trafne są definicje kreowane przez środowisko akademickie AON. Koncentrują się one na oddaniu istoty OP, są bardziej adekwatne w stosunku do powyżej cytowanych definicji encyklopedycznych i słownikowych. Odwołują się one do rzeczywistej natury zjawiska. Pod względem metodologicznym są poprawne i zrozumiałe dla odbiorcy. Za najtrafniejszą definicję uważam definicję zaczerpniętą z dorobku naukowego prof. dr. hab. płk. Bogdana Zdrodowskiego:

OP stanowią zarówno wyspecjalizowane siły (wraz z odpowiednimi środkami), ale również zasady ich użycia, a nawet stan prawny - nakierowane na redukcję zagrożeń powietrznych.⁴⁶

Ta definicja wynika z kompleksowości postrzegania najistotniejszych zjawisk geopolitycznych, mających znaczący wpływ na konstytuowanie się pojęcia OP. Zatem: działania inne niż wojna, zabieganie o pokój, walka z terroryzmem, rola informacji, postęp technologiczny - są aktualnie głównymi determinantami konstytuującymi pojęcie OP. Mieści się w niej zarówno dotychczasowe jej znaczenie (część systemu obronnego państwa, walki zbrojnej), jak również są uwzględniane nowe uwarunkowania (działania inne niż wojna, połączony i rozszerzony charakter OP).

Zatem OP będę postrzegał jako część systemu obronnego państwa, która realizowana jest w powietrznym jego wymiarze (przestrzeni trójwymiarowej) oraz na osi czasu, przez wyspecjalizowane siły i środki wraz z zasadami ich użycia. Zatem konstruowany model nie ogranicza się tylko do odzwierciedlenia OP w definiowanym powyżej rozumieniu (do działań defensywnych, tzn. prowadzenie walki ze środkami napadu powietrznego przeciwnika w powietrzu, Defensive Counter Air (DeCA)). Model obejmuje również działania ofensywne (przede wszystkim walkę z siłami

⁴⁴ Mała encyklopedia, Tamże.

⁴⁵ Mała encyklopedia, Tamże.

⁴⁶ Bogdan Zdrodowski, Aspekt teoretyczny uwarunkowań współczesnej OP, Przegląd WLOP 5/2001.

powietrznymi przeciwnika na lądzie - Offensive Counter Air (OCA)) skierowane przeciw zasobom powietrznym przeciwnika.

2.2. Szczebel taktyczny

Ze względu na to, że konstruowany model dotyczy szczebla taktycznego OP uznałem za niezbędne skonkretyzowanie również tego pojęcia. Szczebel taktyczny, to taki szczebel działań bojowych, na którym są planowane, organizowane i prowadzone przez podległe struktury działania bojowe dla osiągnięcia celów walki. W siłach lądowych NATO szczebel taktyczny stanowią jednostki organizacyjne do korpusu włącznie, natomiast w siłach powietrznych szczebel ten obejmuje siły dowodzone przez Połączone Ośrodki Dowodzenia Działaniami Powietrznymi (CAOC)⁴⁷.

Dla porządku poznawczego podaję, że działania OP mogą być realizowane na:

- szczeblu strategicznym (kampania);
- na szczeblu operacyjnym (operacja);
- na szczeblu taktycznym (walka, bój).

Szczebel taktyczny obrony powietrznej jest skomplikowaną kategorią i może być definiowany wielorako, w zależności od kryterium (lub zbioru kryteriów) względem którego (których) jest definiowany. Dla ustalenia uwagi (oraz odwołując się do zdefiniowanych pojęć w rozdziale 1), na potrzeby procedur badawczych i konstrukcji modelu przyjąłem następujące wyróżniki szczebla taktycznego:

- reprezentuje walkę (bój) komponentów reprezentowanych w modelu, (np. samolot strony „A” chce zbombardować zestaw raketowy strony „B” – zaś zestaw raketowy strony „B” chce zestrzelić samolot strony „A”, ale również działania zgrupowań lotnictwa i sił OP – dowodzonych przez CAOC (organ równorzędny));
- nadrzędnym szczeblem dla szczebla taktycznego jest szczebel operacyjny, a nadrzędny w stosunku do nich jest szczebel strategiczny;
- zasięg taktyczny (w sensie geograficznym) jest ograniczony i stanowi podzbiór zasięgu operacyjnego.

Istotnym dla badań było to, by każda z przytaczanych definicji była spójna względem celu badań i konsekwentnie definiowana względem przyjmowanych założeń

⁴⁷ Wybrane aspekty ... op. cit.

i uproszczeń. Osiągnięcie spójności poszczególnych definicji jest warunkiem koniecznym, by osiągnąć odpowiedni poziom adekwatności uzyskanych wyników badań.

Szczebel taktyczny ściśle wiąże się z terminem „*taktyka*”, wywodzącym się z języka greckiego od słowa „*taktike*”, które powstało w wyniku połączenia dwóch słów: „*techne*” - sztuka i „*tesso*” - porządkuję. Pierwotne brzmienie to „*taktikos*” - sposobny do porządkowania i kolejne „*taktike*” - rozumiane jako sztuka porządkowania, układania, ustawiania, np. szyku do bitwy.

Według Małego Słownika Języka Polskiego, „*taktyka*” to część sztuki wojennej obejmująca teorię i praktykę prowadzenia walki z przeciwnikiem, a w sensie ogólnym, to sposób, metoda postępowania mająca doprowadzić do osiągnięcia określonego celu⁴⁸. W znaczeniu wojskowym, „*taktyka*” to część sztuki wojennej obejmująca teorię i praktykę przygotowania i prowadzenia walki przez pododdziały, oddziały i związki taktyczne wszystkich rodzajów wojsk i sił zbrojnych⁴⁹.

W przedziale czasu i wykonywanych w nim czynności, od rozpoczęcia do zakończenia wykonywania zadań, mieści się prowadzenie walki. Może ono mieć przebieg planowy, zgodnie z wcześniejszymi kalkulacjami i prognozami rozwoju sytuacji. Przeważnie jednak, w toku prowadzonych działań pojawiają się nowe okoliczności i zdarzenia, które wymagają stosownych reakcji i korekt w stosunku do pierwotnego planu. Jest to sytuacja typowa, charakterystyczna dla okresu prowadzenia walki. Podejmowane decyzje cząstkowe są zazwyczaj niezwłocznie wprowadzane w czyn. Całość przedsięwzięć dowódczych tego okresu to kierowanie **walką**.

Sam termin „*walka*” w definicji ogólnej jest działaniem mającym na celu uzyskanie, przeprowadzenie czegoś, opierając, sprzeciwiając się komuś lub czemuś¹². W ujęciu prakseologicznym, wg Kotarbińskiego **walka** to najciekawszy przypadek wzajemnego przeszkadzania, zmuszający obie strony do pokonywania trudności, a więc pośrednio do usprawniania techniki działań⁵⁰. W interpretacji wojskowej zaś walka (bój) to zorganizowane, skupione w czasie i przestrzeni, zbrojne starcie dwóch przeciwstawnych stron w skali taktycznej.

W zależności od zaangażowanych sił i środków oraz środowiska, walka może być, np.: powietrzna, elektroniczna, psychologiczna.

⁴⁸ Mały Słownik Języka Polskiego, PWN, Warszawa 1995.

⁴⁹ Leksykon Wiedzy Wojskowej, WMON, Warszawa 1979.

⁵⁰ Kotarbiński T., Traktat o dobrej robocie, Ossolineum, Wrocław 1969.

Z terminem „walka” używanym zamiennie jako „bój” wiąże się termin „działania bojowe”. W przeszłości dotyczyły one stron walczących w bezpośrednim starciu. Miały zatem ograniczony zasięg odniesienia. Dlatego też obecnie używa się terminu, bardziej precyzyjnego - **działania taktyczne**, rozumiane jako wszelkie działania pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych wojsk. Ujęcie działań taktycznych, to również wszelkie walki (boje), marsze, przegrupowania i zmiany położenia wykonywane przez wojska z zamiarem osiągnięcia celów taktycznych.

W dostępnej mi literaturze dotyczącej działań taktycznych w armiach państw NATO jest wyodrębniony szczebel taktyczny jako część działań wojennych. W odróżnieniu od naszej, narodowej interpretacji, w której kryterium podziału (na szczeble: strategiczny, operacyjny, taktyczny) jest szczebel dowodzenia, w rozumieniu NATO-wskim działania taktyczne definiowane są w oparciu o ich **skutek** lub **udział** w osiągnięciu celów strategicznych, operacyjnych, taktycznych. Zastosowanie tego kryterium typologii odnosi się równorzędnie, tak do konfliktu zbrojnego, jak i do działań innych niż konflikt zbrojny.

Na szczeblu taktycznym zamierzony skutek (efekt) osiągany jest przede wszystkim w wyniku walki. Interesujące wyróżniki walki przedstawia Huzarski, gdzie wyróżnia się między innymi: efektywną synchronizację manewru, siły ognia i sposobu jego użycia⁵¹.

Mimo wielości definicji na temat szczebla taktycznego bez wątpienia wspólnym zjawiskiem jest: walka, bój. Toteż w rozprawie konsekwentnie w stosunku do zdefiniowanego celu rozprawy oraz przyjętych definicji ograniczyłem się do zamodelowania wybranych **skutków walki, bojów**.

Odwołując się do przyjętych definicji, w modelu zapewniono szereg mechanizmów odzwierciedlających zakres decyzyjny szczebla taktycznego CAOC-u. Począwszy od etapu przygotowania scenariusza (gdzie definiowany może być m.in.: cel walki, sposób działania, potencjał każdej ze stron, sposoby użycia środków) do konkretnych decyzji dotyczących pojedynczych obiektów (m.in.: priorytety strzelania, decyzje o wejściu/wyjściu do/z walki, przebazowaniu). W pracy nie zajmuję się definiowaniem/szacowaniem potencjału agresora (broniącego się). Model na poziomie budowy scenariusza eliminuje ten problem (wymagane jest, by aplikacja WGSCEN obsługiwana była przez ekspertów). Warto w tym miejscu zaznaczyć, że zaimplementowane mechanizmy służące do kreowania scenariusza zapewniają

⁵¹ Huzarski M., Zmiany w teorii Taktyki ogólnej wojsk lądowych, AON, Warszawa 1998.

uniwersalność tego modelu, ale wymagają szerokiego zakresu wiedzy wojskowej – toteż pierwsza aplikacja (WGSCEN) dedykowana jest do ekspertów. Użytkownik bez odpowiedniego przygotowania wojskowego prawdopodobnie będzie tę grę postrzegał jako rodzaj rozrywki/zabawy. Dopiero odpowiednia wiedza taktyczna pozwala zauważyć realizację bardzo skomplikowanych algorytmów.

Reasumując - właściwe rozumienie szczebla taktycznego możliwe jest dzięki nadaniu walce określonego kontekstu. Spełnienie tego warunku zapewnia zdefiniowanie kryterium, względem którego rozpatruje się walkę. Skonstruowany model dotyczy szczebla taktycznego, toteż nie jest zorientowany na problemy występujące na szczeblach operacyjnym i strategicznym. Model ten zorientowany jest na walkę (bój), jeden z najistotniejszych wyróżników szczebla taktycznego.

2.3. Komponenty przedmiotu badań

Na szczeblu taktycznym zadania OP realizowane są przez zasadnicze komponenty (wydzielone siły i środki), m.in.: wojska rakietowe, wojska lotnicze, wojska elektroniczne i radiotechniczne. Ale dla skonstruowania komputerowej gry symulacyjnej w konwencji ćwiczenia (treningu) potrzeby jest szerszy zespół składników. Przyjęta konwencja ćwiczenia (treningu), w formie interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej determinuje niezbędny zestaw odpowiednio dobranych komponentów. Rozpatrzenie zespołu składników istotnych z punktu widzenia opracowywania ćwiczeń konkretyzuje ten model (grę). Poszczególne podrozdziały zawierają specyfikacje rodzaju funkcji, które powinny być substytutem przedstawionych komponentów, zawarte w tabelach zawierających następujące pola:

Lp.	Cecha	Występuje (tak / nie)	Uwagi:
1.	Etykieta, nazwa		
2.	Etykieta, nr obiektu		
3.	Piktogram		
4.	Mobilność		
5.	Stacjonarność		
6.	Parametry sprawnościowe		
7.	Parametry odpornościowe		Dotyczy oddziaływania ogniowego
8.	Parametry związane z rozpoznaniem		
9.	Czy zawiera w sobie subobiekty?		
10.	Czy jest subobiektem		
11.	Sterowanie z poziomu koordynatora		
12.	Sterowanie z poziomu przynależności do strony „X”/”Y”		
13.	Czy skorelowany z		

	innym obiektem		
14.	Inne		

Tabela 2.3.1. Szkielet tabeli do charakterystyka obiektu

Zaproponowany przeze mnie podział na komponenty jest sztuczny i jako taki nigdzie w literaturze w takim zestawieniu nie występuje, nie mniej jednak zabieg podziału na komponenty przedmiotu badań porządkuje realizację i ekspozycję procedur badawczych. W podrozdziale tym opisuję kolejno następujące komponenty:

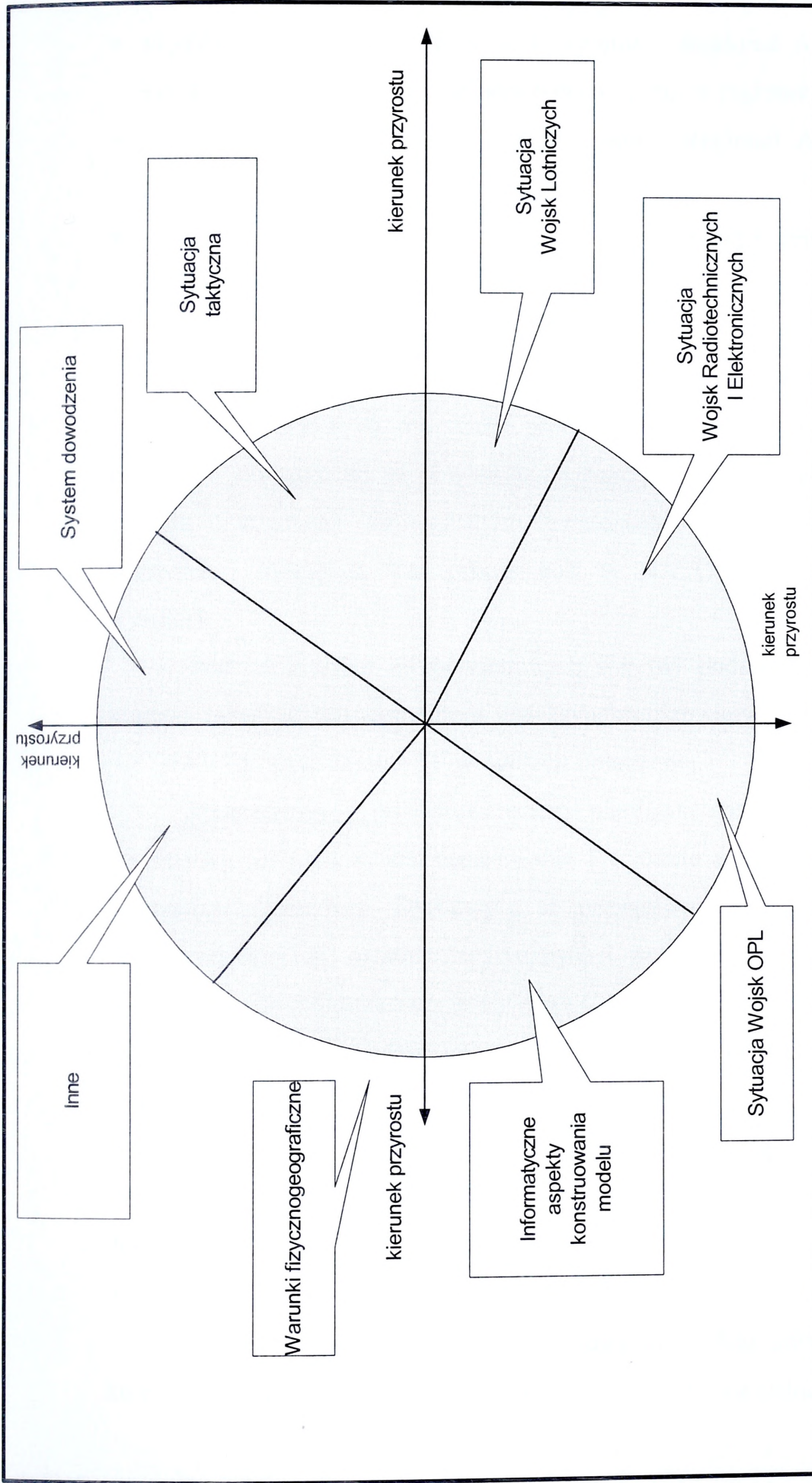
- dowodzenie,
- sytuację operacyjno-taktyczną,
- lotnictwo,
- wojska radiotechniczne i elektroniczne,
- wojska OPL.

Zestaw przedstawionych komponentów nie jest kompletny (nie wyodrębniam komponentu wojsk łączności i ubezpieczenia lotów, wojsk obrony przeciwchemicznej, wojsk inżynierskich i obrony terytorialnej oraz logistyki – jako odrębnego komponentu modelu na tym etapie badań), jednak przedstawione przeze mnie komponenty stanowią stabilny punkt odniesienia dla rozpoczęcia konstruowania modelu zgodnie z konwencją zadeklarowaną w rozdziale 1. Konsekwentnie w podrozdziale tym przedstawiam modelowane elementy rzeczywistości OP. Z tego względu pomijam tu szereg istotnych zagadnień dotyczących informatycznych aspektów konstruowania modelu, które wyjaśniam w rozdziałach trzecim i czwartym.

2.3.1. Dowodzenie

Dowodzenie siłami zaangażowanymi w działania powietrzne realizowane jest bardzo różnie przez wiele państw i koalicji. Wzorcem dla mnie, który zamierzałem modelować były rozwiązania przyjęte w NATO, jako te do których dążymy w działaniach restrukturyzacyjnych naszych sił zbrojnych. Zdecydowałem zatem o objęciu badaniami następujących dziedzin dowodzenia: dowodzenia siłami powietrznymi, dowodzenia obroną powietrzną oraz kontrolowania ruchu lotniczego.

Podstawowym ograniczeniem zakresowym w obszarze identyfikacji dowodzenia było ograniczenie się do identyfikacji podstawowych organów dowodzenia wymienionych powyżej sfer działalności, ich zakresu kompetencji i procedur pracy przede wszystkim dotyczących planowania, albowiem konstruowany model ma odzwierciedlać głównie stronę realizacyjną podejmowanych decyzji grających.



NR RYS. 2.3.1.	TYTUŁ:		MODEL WALKI SIL OP SZCZEBŁA TAKTYCZNEGO	
BEZ SKALI	KOMPONENTY PRZEDMIOTU BADAN		2001.09.27	2001.09.27
	PROJEKTOWAŁ:	por. J. Zych	2001.09.27	2001.09.27
	KREŚLIŁ:	por. J. Zych	2001.09.27	2001.09.27

Najwyższym organem dowodzenia kumulującym kompetencje w wymienionych dziedzinach są w NATO dowództwa sił powietrznych regionów (w Europie aktualnie są to: dowództwo SP Regionu Północnego i dowództwo SP Regionu Południowego).

Dowódcy ci (COMAIRNORTH i COMAIRSOUTH) realizują trzy główne zadania:

- są dowódcami sił powietrznych w regionie - Regional Air Commander (RAC) - kierując ofensywnymi działaniami powietrznymi w regionie;
- są dowódcami obrony powietrznej regionu - Regional Air Defence Commander (RADC);
- są odpowiedzialni za kontrolę przestrzeni powietrznej w regionie - Regional Airspace Control Authority (RACA).

Dowódcy regionów (Joint Commander) planują i koordynują działania wszystkich sił lądowych, morskich i powietrznych całego regionu w czasie kryzysu lub wojny. W stosunku do sił powietrznych dokonuje on podziału wysiłku SP pomiędzy zadania o znaczeniu strategicznym, zwalczania SP przeciwnika oraz wsparcia sił lądowych i morskich. Ten proces nosi w NATO nazwę apportionment (podział wysiłku).

Podział wysiłku sił powietrznych stanowi podstawą planowania działań SP, którego zasadniczym elementem jest zsynchronizowany z planami dowódców JSRC (CC NAVY) - plan działań SP w operacji połączonej.

Podstawowym przedsięwzięciem planistycznym, realizowanym na szczeblu dowództwa SP regionu jest opracowanie i wydanie *dyrektywy operacyjnej AOD (Air Operations Directive)*. Dyrektywa ta przygotowywana jest na podstawie planu połączonej operacji, ostatecznych wytycznych i wskazówek dowódcy połączonych sił, a także bieżących meldunków z podległych CAOC oraz informacji uzyskanych w ramach współdziałania od dowództw jednostek sił lądowych i morskich - wydawana jest co 24 godziny. Część ogólna dyrektywy zawiera opis sytuacji ogólnej, ocenę przeciwnika i wojsk własnych z punktu widzenia dowódcy SP i jego ogólnych celów działań. Załączniki do dyrektywy dostarczają podległym dowódcom (organom dowodzenia) dodatkowych wskazówek określając priorytety i zasadnicze zadania do realizacji w ramach poszczególnych rodzajów działań (np. OCA, AI, AD, OAS, TASMO).

Stanowiska dowodzenia CAOC otrzymują także załącznik RESOURCES, w którym to są im przydzielone do wykorzystania określone jednostki sił powietrznych.

Ostatnim, ale nie mniej ważnym załącznikiem AOD jest hierarchiczna lista celów (obiektów) dla lotnictwa (PTL- Prioritised Target List). Lista tych obiektów powinna wynikać z MAAP („głównego planu walki”) i zawierać przede wszystkim cele o znaczeniu strategicznym oraz obiekty przewidziane do niszczenia w ramach ofensywnej walki z siłami powietrznymi przeciwnika i izolacji rejonu działań.

Ustalenie obiektów uderzeń jest kulminacyjnym i finalnym etapem procesu przetwarzania celów działania na planowanie szczegółowe działań SP. Najlepszym sposobem oceny realizacji operacji połączonych jest stopień porażenia ustalonych obiektów. Bieżące monitorowanie tych obiektów i meldunki składane Dowódcy SP regionu są miernikiem efektywności opracowanych propozycji i podjętych decyzji w zakresie działań powietrznych.

Drugim zasadniczym wynikowym dokumentem planistycznym na szczeblu operacyjnym jest *rozkaz o kontroli przestrzeni powietrznej (ACO)*, który jest opracowywany i wydawany przez dowódcę SP regionu, pełniącego jednocześnie rolę dowódcy kontroli przestrzeni powietrznej regionu.

Wymagania w zakresie kontroli przestrzeni powietrznej są przykładem pracy zespołowej, niezbędnej pomiędzy różnymi szczeblami i dowództwami. We wczesnym etapie planowania połączonej operacji powietrznej - planowanie tras lotu dla poszczególnych grup musi być zaplanowane i skoordynowane. Wiąże się to z koniecznością ustalenia tras przelotowych na małych wysokościach, korytarzy przelotowych, które muszą być oczyszczone przez LM lub siły zwalczania naziemnej OP przeciwnika. Dlatego CAOC jak najwcześniej musi nawiązać kontakt z odpowiednią komórką kontroli przestrzeni powietrznej dowództwa SP regionu i ustalić najbezpieczniejsze trasy dla własnych sił ofensywnych i wspierającego je lotnictwa.

Ośrodki Połączonych Działań Powietrznych (CAOC), są zintegrowanymi stanowiskami dowodzenia sił powietrznych, które kierują całością organizowania i prowadzenia działań powietrznych, zarówno ofensywnych, jak i defensywnych, siłami na stałe im podległymi, jak i czasowo podporządkowanymi (na czas trwania operacji lub określone wyloty).

Podstawą rozpoczęcia pracy CAOC jest *dyrektywa operacyjna sił powietrznych (AOD)* oraz *hierarchiczna lista celów (PTL)*. Proces planowania działań SP rozpoczyna się tu od analizy zadania i oceny sytuacji, które są podstawą do opracowania 2 - 3 wariantów działań zarówno defensywnych, jak i ofensywnych. W istocie, są to ogólne zarysy (idee) proponowanych wariantów działań. Następnie dokonuje się oceny tych wariantów według jednakowo przyjętych kryteriów i wybiera najlepsze, czyli

optymalne, spośród nich do realizacji (po jednym wariantcie działań defensywnych i ofensywnych). Wybrane warianty planuje się szczegółowo. Wykonuje się też niezbędne kalkulacje, które są podstawą do opracowania dokumentów bojowych, dotyczących planowanych działań - *ATO i OPTASK AAW*. Rozkazy te są przesyłane wykonawcom, tzn. oddziałom i pododdziałom podporządkowanych CAOC. W dokumentach tych zawarte są wszystkie informacje niezbędne do wykonania zadań. W oddziałach i pododdziałach nie wypracowuje się decyzji, a jedynie realizuje nakazane przedsięwzięcia oraz precyzuje się taktykę działań w celu wykonania zadania. Dowódca CAOC otrzymuje AOD raz na dobę, w godzinach przedpołudniowych (ok. 10.00Z⁵²). Przez pierwsze 1-1,5 godziny studiowana jest *dyrektywa operacyjna sił powietrznych* i prowadzona analiza zadania oraz ocena sytuacji. Realizacja tego etapu ma określić cel (cele) działania podległych sił, priorytetów podziału wysiłku na rodzaje działań oraz ocenę sytuacji, a w tym ocenę przeciwnika i możliwości własnych sił w zakresie wykonania zadań ofensywnych i defensywnych. Przy tym ocenę przeciwnika w zakresie prowadzenia prawdopodobnych działań przez jego siły lądowe oraz siły powietrzne przygotowuje się w 2 - 3 wariantach.

Po upływie około 1 - 1,5 godziny, od otrzymania AOD, prowadzona jest pierwsza odprawa (spotkanie) sztabu CAOC, inicjująca planowanie (*Initial Planning Meeting – IPM*). Jej celem jest krótka ocena dotychczasowych działań, przedstawienie wniosków z analizy nowego zadania oraz ocena sytuacji (przeciwnik, wojska własne, w tym możliwości sił powietrznych podległych CAOC). Trwa do 30 minut, a uczestniczą w nim: szef sztabu (DIR OPS) jako prowadzący, szef grupy planowania (CH PLANS), szef grupy rozpoznania (CH INT), szef grupy zabezpieczenia działań (CH SUP), szef sekcji działań ofensywnych (CH OFF), szef sekcji działań defensywnych (CH DEF) oraz inni oficerowie w zależności od potrzeb. Na odprawie tej dokonuje się ogólnego rozpatrzenia sposobu wykonania zadań, ale bez ustalania szczegółów oraz przedstawiania wariantów działań (za wyjątkiem działań przeciwnika). Odprawa ta ma pomóc w dokonaniu oceny możliwości wykonania zadania oraz wstępnie ukierunkować na przygotowanie *Commanders Decision Meeting (CDM)*. Istotą IPM, oprócz analizy zadania i wariantowej oceny prawdopodobnych działań przeciwnika, jest ocena swoich możliwości wykonania zadań, w tym przez lotnictwo bojowe, lotnictwo wsparcia oraz przez siły obrony powietrznej.

W odniesieniu do lotnictwa ocenia się możliwości przestrzenne (taktyczne promienie działania) oraz możliwości zwalczania obiektów, z hierarchicznie

uporządkowanej listy obiektów uderzeń, zawartej w AOD. Podczas oceny możliwości, w zakresie zwalczania tych obiektów ustala się potrzebną ilość samolotów uderzeniowych na każdy z nich z uwzględnieniem rodzaju i charakteru celu, rodzaju i ilości środków rażenia, ilości zbiorników podwieszanych oraz możliwości pokonania OPL przeciwnika po trasie lotu i w rejonie celu, możliwości wykrycia i rozpoznania obiektu, a także możliwości zbudowania manewru do ataku. Ponadto, ocenia się możliwości zabezpieczenia tych działań, szczególnie pod względem logistycznym. W odniesieniu do działań defensywnych, ocenia się możliwości wykrywania przeciwnika powietrznego, w tym z wykorzystaniem samolotów systemu wczesnego wykrywania oraz możliwości w zakresie rażenia samolotów przeciwnika przez rakiety przeciwlotnicze i lotnictwo myśliwskie, w ramach osłony wojsk i obiektów. Ocenia się również możliwości zabezpieczenia tych działań. Wnioski z analizy zadania i oceny sytuacji, są podstawą do opracowania 2 - 3 wariantów działań ofensywnych oraz defensywnych. Prace te wykonuje sekcja działań ofensywnych oraz sekcja działań defensywnych grupy planowania wspólnie z oficerami rozpoznawczymi oraz zabezpieczenia logistycznego, w czasie od zakończenia IPM do rozpoczęcia CDM.

W odniesieniu do lotnictwa taktycznego, które jest głównym wykonawcą działań ofensywnych, w wariantach tych określa się kierunek przełamania obrony przeciwlotniczej przeciwnika, osie tras lotu, sposób ubezpieczenia działań poprzez wydzielenie grup taktycznego przeznaczenia do obezwładnienia środków OPL na trasie lotu i w rejonie celów (samoloty SEAD), do osłony przed atakami lotnictwa myśliwskiego przeciwnika. W wariantach tych uwzględnia się także sposób osłony radioelektronicznej przez wyspecjalizowane samoloty lub śmigłowce WRE oraz wykorzystanie samolotów wczesnego wykrywania i naprowadzania, a także potrzeby ewentualnego tankowania w powietrzu.

W tym samym czasie, co opracowanie wariantów działań ofensywnych, są przygotowywane warianty działań defensywnych, czyli warianty organizacji i sposobu działania sił obrony powietrznej w rejonie odpowiedzialności CAOC. W wariantach tych określa się sposób organizacji wykrywania przeciwnika powietrznego, rejony odpowiedzialności wojsk raketowych (MEZ, CLUSTER) oraz LM z dyżurowania na lotniskach i w powietrzu (CAP, FAOR), sposób wykorzystania samolotów wczesnego wykrywania i naprowadzania, a także samolotów tankowania powietrznego do uzupełniania paliwa samolotom myśliwskim dyżurującym w powietrzu.

Najważniejszym etapem w procesie wypracowania decyzji jest COMMANDER'S DECISION MEETING, który odbywa się po około 2 - 2,5 godziny od zakończenia

INITIAL PLANNING MEETING. Celem CDM jest podjęcie decyzji przez dowódcę CAOC poprzez akceptację do realizacji jednego (spośród 2 - 3 przedstawionych wariantów) działań ofensywnych i defensywnych.

Przebieg tego spotkania sztabu, różni się od pierwszego tym, że oprócz wniosków z analizy zadania i oceny sytuacji, prezentowane są przygotowane propozycje wariantów działań ofensywnych i defensywnych oraz ich ocena. Przedstawia je zazwyczaj szef sztabu w końcowej części spotkania, oceniając według określonych kryteriów i proponując do realizacji te, które są według tej oceny optymalne.

Dowódca CAOC może zaakceptować te warianty lub nakazać wniesienie poprawek. W razie potrzeby, poprzez zadawanie pytań oficerom uczestniczącym w spotkaniu, wyjaśnia się wątpliwości, lub te problemy, które nie zostały w pełni naświetlone. Commander's Decision Meeting prowadzi się jeden raz na okres planowania działań, w czasie około 45 minut. Celem CDM jest wybór konkretnego wariantu i sposobu prowadzenia działań defensywnych i ofensywnych, określenie priorytetów oraz ogólnego kierunku działań w kolejnych etapach (rola COMCAOC). W spotkaniu tym uczestniczą: dowódca CAOC; szef sztabu - prowadzący; szef grupy planowania; szef grupy rozpoznania; szef sekcji działań ofensywnych; szef sekcji działań defensywnych; szef grupy zabezpieczenia logistycznego; Inni oficerowie CAOC w zależności od potrzeb.

W czasie prezentacji opracowanych wariantów działań tak ofensywnych, jak i defensywnych koniecznym jest ustalenie pewnych kryteriów, które dla wszystkich propozycji są takie same. Jest to o tyle potrzebne, że po zaprezentowaniu wariantów należy określić te spośród nich, które są najbardziej optymalne w zakresie uzyskania nakazanych rezultatów działań. Takimi kryteriami, mogącymi pomóc w uzyskaniu odpowiedzi, który z przedstawionych wariantów jest lepszy, mogą być np.: możliwości zaskoczenia przeciwnika, elastyczność działania (możliwość reagowania na nieprzewidziane zmiany w sytuacji operacyjno-taktycznej), stopień realizacji priorytetów z AOD, ekonomia sił (koszt – efekt), ryzyko wykonania zadania; wykorzystanie słabych stron przeciwnika; sytuacja w powietrzu; oczekiwane rezultaty działań; zakładane (orientacyjne) straty w siłach własnych. Są to tylko przykładowe kryteria, które mogą, ale nie muszą być jednakowo rozpatrywane. Które z podanych albo i innych kryteriów będą uwzględniane, uwarunkowane jest przede wszystkim sytuacją operacyjno-taktyczną oraz doświadczeniem sztabu CAOC, zajmującego się przygotowaniem i organizowaniem działań bojowych. Prezentacja i rekomendacja

wariantów działań bojowych powinna, poprzez wykazanie ich wad i zalet udowodnić, że właśnie ten, a nie inny jest optymalnym z punktu przyjętych kryteriów i celowym do realizacji. W praktyce, w odróżnieniu od rozważań teoretycznych, w dość swobodny sposób mówi się o podejmowaniu decyzji optymalnej i rozumie się przez nią poszukiwanie rozwiązań problemu decyzyjnego w sposób najlepszy z możliwych w danej sytuacji decyzyjnej, który może zawierać różne elementy niepewności np. sposób działania przeciwnika.

Ogólnie sytuacje decyzyjne można podzielić na dwie grupy: warianty mogą być oceniane według jednej charakterystyki (ocena skalarna) lub też każdy wariant może być oceniany według wielu charakterystyk (ocena wektorowa). Większość decyzji dowódczych wymaga oczywiście oceny wektorowej, a więc uwzględnienia wielu możliwych opcji, przyswojenia sobie wielu informacji, przemyślenia wielu związków, korelacji i interakcji, a także ustalenia konkretnych kryteriów owej optymalizacji. Mając takie kryteria wyraźnie sprecyzowane, dopiero wtedy można szacować, czy wybrany wariant jest najlepszy z możliwych (rozpatrywanych) w danej sytuacji. Poszukiwanie takiej decyzji (optymalnej) nie jest, więc łatwe i w większości przypadków uzyskuje się decyzje słuszne, nie zaś optymalne⁵³. Tę prawdę powinni uwzględniać w swej działalności planistyczno- decyzyjnej wszyscy dowódcy. Drugą równie ważną zasadą uwzględnianą podczas wyboru wariantu działań (podejmowaniu decyzji) powinna być świadomość, że podejmując dowolną decyzję należy być przygotowanym na ewentualność popełnienia błędu.

Na podkreślenie zasługuje, że w Sojuszu na żadnym ze stanowisk dowodzenia, wypracowana i podjęta decyzja na wykonanie zadania bojowego nie jest meldowana przełożonemu. Wynika to z tego, iż każdy z dowódców sojuszu, posiadający w swoim podporządkowaniu siły i środki, przydzielone na stałe lub czasowo jest bezpośrednio odpowiedzialny za ich efektywne i bezpieczne wykorzystanie oraz racjonalne wykonanie otrzymanego zadania. Natomiast do podstawowych zadań, każdego z dowódców, należy poinformowanie swojego, bezpośredniego przełożonego o sposobie realizacji działań (nakazanych zadań) oraz o ich miejscu w jego działaniach.

Po zakończeniu CDM, wybrane do realizacji warianty działań ofensywnych i defensywnych są szczegółowo planowane, czyli ustalane są trasy lotu, wykonywane obliczenia nawigatorskie wykonania zadania z uwzględnieniem działań zabezpieczających oraz rozmieszczenie, sposób i terminy użycia sił i środków defensywnych. Te szczegółowe plany działań ofensywnych lotnictwa oraz

defensywnych obrony powietrznej są podstawą do opracowania rozkazu bojowego lotnictwa (ATO). Rozkazy te do godziny 20.00Z, ale najpóźniej na 6 godzin przed rozpoczęciem działań, muszą zostać przesłane do wykonawców oraz na stanowiska dowodzenia (również sąsiadów) SP. Na podstawie otrzymanego rozkazu ATO jednostki lotnicze wydzielone do działań ofensywnych przygotowują samoloty i załogi. Od godziny 6 rano dnia następnego rozpoczną się działania według terminów określonych w AOD.

Działania obrony powietrznej planowane również w CAOC są przekazywane wykonawcom w rozkazie OPTASK AAW (OPTASK - Anti Air Warfare), który zawiera np. dane dotyczące sektorów działania systemów rakiet przeciwlotniczych (surface-to air missile zones), rejonów odpowiedzialności lotnictwa myśliwskiego (Fighter Areas Of Responsibility - FAOR) lub stref dyżurowania powietrznych systemów wczesnego ostrzegania (Airborne Early Warning Orbits - AEW Orbits). Zatem CAOC spełnia szczególną rolę w Zintegrowanym Systemie OP NATO – jest ostatnim międzynarodowym organem dowodzenia w NATO-wskim łańcuchu dowodzenia – jest więc swoistym interfejsem między system dowodzenia NATO, a narodowymi elementami wydzielonymi do NATINADS. Dokonuje on transformacji zamiaru i podziału wysiłku wypracowanego przez dowódcę SP regionu w szczegółowe zadania (misje) dla poszczególnych, przydzielonych jednostek.

Podkreślić należy, że zarówno numer ATO i każdego dokumentu rozkazodawczego wydawanego na czas działań każdorazowo przyporządkowany jest do dnia miesiąca, np. zadania realizowane 13-go marca, byłyby ujęte w „ATO- 13” itd.

Podsumowanie

- Analizując proces dowodzenia SP w NATO można stwierdzić, że w skrajnym przypadku inicjujące go wskazówki i wytyczne mogą być wdrażane w życie w ciągu ponad 30 godzin. Standardowo będą one obejmowały działania o 2 doby późniejsze, ponieważ siły lądowe, a także morskie potrzebują więcej czasu do zastosowania się do wyżej wymienionych rozporządzeń (realizacji swojego procesu planowania). Mając na uwadze przewidywana bardzo dużą dynamikę ewentualnych działań (konfliktów) na europejskim teatrze działań, ale takie duże opóźnienia (reakcja- kotrreakcja) występujące w obecnych procedurach planowania użycia SP NATO stwarza zagrożenie, co do osiągnięcia

⁵³Patrz Penc J.: Zarządzanie dla przyszłości. Wyd. Ekonomiczne. Wrocław 1999.

założonych celów kampanii. Na szczeblu CAOC pewnym antidotum w tym zakresie jest możliwość modyfikacji wcześniej przekazanych do realizacji zadań poprzez wysłanie do określonego adresata zarządzenia bojowego (ATM- Air Task Message). Zarządzenia bojowe wykorzystywane są jednak do zmiany zadań dla sił nie większych niż eskadra (dywizjon), oraz do uszczegółowienia postawionych w ATO zadań dla sił wykonujących bezpośrednie wsparcie lotnicze(CAS) lub izolację pola walki(BAI).

- Planowanie działań SP jest w dużym stopniu uzależnione od stopnia szczegółowości ustalania czynników (warunków) wstępnych dla podległych organów dowodzenia. Dla zapewnienia skuteczności pracy proces ten w regionie północnym NATO opiera się na ścisłym współdziałaniu różnych szczebli dowodzenia. Wymaga to stosowania nowoczesnych technik planowania i redukującą awaryjność, odpornych - na zakłócenia i działania destrukcyjne przeciwnika - systemów łączności oraz systemów informatycznych.
- Ogół działań powietrznych zgrywany jest przez Głównodowodzącego Połączonych Sił Zbrojnych NATO Europy Północnej oraz Dowódcę, SP regionu.
- Informacje z wszystkich szczebli dowodzenia wykorzystywane są w czterech zasadniczych dokumentach, niezbędnych w kierowaniu połączonymi siłami powietrznymi (*AOD, ACO, ATO i OPTASK AAW*).
- Jeśli czas i sytuacja pozwala, dokumenty opracowuje się na podstawie precyzyjnego, zakończonego oczywistymi, jednoznacznymi wnioskami, procesu, którego efektem jest tak plan operacji w regionie, jak i plan operacji powietrznej.
- Kluczowym elementem planowania operacji ofensywnych jest określenie listy obiektów uderzeń według kolejności ich priorytetów obrony powietrznej (*PTL*).
- Ciągłe monitorowanie obiektów uderzeń i kontrolowanie minuta po minucie obrony powietrznej przeciwnika - to zadania dla obu szczebli dowodzenia, operacyjnego i taktycznego warunkujące osiągnięcie końcowego sukcesu.
- Przedstawiona problematyka stanowiąc przedmiot modelowania doprecyzowała obszar problemowy gry. Z tych ogólnych sformułowań należało odnaleźć takie zapisy, które dawały możliwość ich transformacji na konkretne byty, encje, funkcje logiczne. Poza tym sens zamieszczania wiedzy o kompetencjach i

funkcjonowaniu tych organów dowodzenia przejawia się również w funkcji informacyjnej i porządkującej. Informacje te stanowią „tło”, pozwalające zrozumieć kontekst modelowanych epizodów.

- Z powyższego, bardzo skrótego przedstawienia aktualnego systemu dowodzenia OP na przykładzie NATO, wynika szereg istotnych wniosków, które powinny znaleźć odzwierciedlenie w sprawozdaniu z badań nad konstruowanym modelem, w szczególności odwołuję się do narzędzia weryfikującego wyniki przeprowadzonych przeze mnie badań, mianowicie do aplikacji (interaktywnej, komputerowej gry symulacyjnej). Otóż, z przedstawionego opisu wynika bardzo istotna trudność w przełożeniu, już konkretnych informacji o funkcjonowaniu systemu dowodzenia, na postać przydatną do pisania aplikacji. Literatura przedmiotu niestety nie opisuje w sposób kompleksowy i wyczerpujący wielu zależności czasowych, nie przedstawia sytuacji niestandardowych, które wydaje się będą najwłaściwiej oddawać wpływ tych elementów na podejmowane działania.
- Treści zawarte w tym podrozdziale mają również wyeksponować problematykę nie ujętą w modelu oraz uzasadnić ich odrzucenie. Przyjąłem następujący zakres odzwierciedlania procesów dowodzenia w skonstruowanym modelu:
 - decydowania o ugrupowaniach AŚO i ŚNP;
 - momentu wejścia (wyjścia) do (z) walki poszczególnych obiektów;
 - wariantów uzbrojenia środków walki;
 - wybranych dyrektyw strzelania dla AŚO;
 - dostarczaniu informacji do odbiorców;
 - sposobów działania (walki), tras lotu, priorytetów działań.
- Konsekwentnie w modelu powinien być reprezentowany taki zakres decyzyjny, który odzwierciedlać będzie użycie sił rażenia walczących stron poprzez decydowanie o podjęciu (zaniechaniu) akcji, czasach osiągnięcia poszczególnych stanów w grze przez obiekty fizyczne i priorytetach dla wybranych dyrektyw strzelania. Uwzględnienie owych postulatów poszerza obszar czynników jakie powinien uwzględniać dowódca określonego szczebla podejmując decyzję.

2.3.2. Sytuacja operacyjno-taktyczna

Sytuację operacyjno taktyczną rozumiem jako nakreśloną konkretną sytuację wyjściową do konkretnego epizodu gry, dla stron biorących w niej udział. Sytuacja

operacyjno-taktyczna jest takim samym elementem budowy scenariusza jak jego pozostałe, np.: ugrupowanie, warianty uzbrojenia, dyrektywy strzelania. Naturalną konsekwencją wynikającą z analizy treści tła operacyjno-taktycznego powinny być wnioski o zagrożeniach siłowego rozwiązania napięcia lub kryzysu przez zaangażowanie czynnika militarnego. Na użytek gry (konkretnego epizodu) istotne jest wyodrębnienie i doprecyzowanie obszaru (dziedziny) ćwiczenia, stron konfliktu oraz danych o potencjałach militarnych.

Modelowy scenariusz tła powinien tworzyć logiczny ciąg zdarzeń i w pierwszej kolejności odnosić się do uwarunkowań i sytuacji wewnętrznej stron oraz otoczenia międzynarodowego, w którym zaistniał konflikt. Następnie zarysowane powinno być podłoże i strony konfliktu. Dynamika narastania konfliktu wraz z powstaniem warunków do ewentualnego zaangażowania się sił zbrojnych, powinna stymulować dalsze zamierzenia związane z konstruowaniem epizodu.

Model ma odzwierciedlać walkę dwóch stron, ale dzięki tzw. funkcji koordynatora (kierownika ćwiczenia) można wprowadzić trzecią stronę gry (np. siły neutralne). Ta trzecia strona (realizowana przez koordynatora) jest nadrzędnym bytem mogącym wykorzystywać wszystkie funkcje i zasoby jednej i drugiej strony. Dzięki temu komunikaty, które może wysyłać koordynator do grających stron oraz działania które może inicjować w sposób kompleksowy uzupełniają działanie zaimplementowanych algorytmów. Strona „A” jest stroną przeciwną w stosunku do strony „B”. Stronę przeciwną nie koniecznie należy utożsamiać z żadnym konkretnym państwem. Jej skład bojowy i strukturę organizacyjną przyjmować należy umownie, opierając się na organizacji i charakterystykach bojowych sprzętu oraz zasadach działania znanych struktur. Wybrane elementy tych składowych mogą jednak zgodnie z decyzją kierownika ćwiczenia - koordynatora, być porównane do potencjału państw sąsiednich.

Na potrzeby gry strony oznaczane są w następujący sposób:

- wojska własne „Y”/”B” lub „NIEBIESCY”;
- wojska przeciwnika „X”/”A” lub „CZERWONI”;
- Wojska neutralne „Z”/”C” lub „ZIELONI”.

Każdorazowo tło operacyjno-taktyczne, zawarte w scenariuszu powinno zawierać:

- umowną sytuację polityczno-militarną i ekonomiczną lub/i inne w dowolnym terenie (obszarze);

- narastanie konfliktów i ich przemieszczanie powinno uwzględniać realne możliwości wojsk;
- angażowanie się w działania sił trzecich, na rzecz umacniania pokoju, chociażby zgodnie z mandatem ONZ;
- niekonwencjonalne działania.

Przygotowując to tło w scenariuszu należy ponadto uwzględnić:

- warunki fizycznogeograficzne;
- warunki meteorologiczne;
- elementy funkcjonowania wojsk raketowych;
- elementy funkcjonowania lotnictwa;
- elementy funkcjonowania wojsk radiotechnicznych i elektronicznych;
- elementy dowodzenia.

2.3.3. Lotnictwo

Działania lotnictwa związane są zawsze z określoną przestrzenią powietrzną (teatrem działań wojennych), w której realizuje ono przypisane zadania. Dokumenty normatywne dotyczące sił powietrznych NATO określają, że lotnictwo SP ma wykonywać zadania przede wszystkim w ramach:

- walki o przewagę w powietrzu (uderzenia lotnictwem na infrastrukturę SP strony przeciwnej oraz OP);
- uderzeń strategicznych (obezwładnianie systemu obronnego strony przeciwnej);
- wsparcia lotniczego sił lądowych i morskich;
- działań wspierających (rozpoznanie, transport, walka elektroniczna, wczesne ostrzeżenie, poszukiwanie i ratownictwo).

Są to główne grupy zadań związanych ze zwalczaniem potencjału powietrznego, lądowego i morskiego przeciwnika. W zależności od celu i rozmachu prowadzonych operacji (powietrznych, lądowych, morskich) zadania te mogą być wykonywane jednocześnie lub kolejno.

2.3.3.1. Zakres modelowania

Lotnictwo, reprezentowane głównie przez samoloty jest złożoną kategorią, którą można opisać setkami, a nawet tysiącami parametrów. W wyniku przeprowadzonych badań (badania ankietowe, wywiady, krytyczna analiza literatury) wyodrębniłem

najistotniejsze z nich, mając na uwadze konieczność wprowadzenia uproszczeń przy jednoczesnym zapewnieniu warunku adekwatności modelu.

W związku z dużą samodzielnością realizacyjną zadań przez pojedyncze samoloty przyjąłem w modelu za obiekt jednostkowy traktować właśnie pojedynczy samolot. Istota modelowania obiektów typu samolot, na tym etapie badań polegała na wyodrębnieniu parametrów najistotniejszych ze względu na kryterium adekwatności. Nie mniej jednak ich liczba (tych parametrów) po wstępnej selekcji była tak duża, iż należało zastosować dodatkowe mechanizmy redukujące ich liczbę (bez straty istotnych cech tych komponentów). Patrząc przez pryzmat celu pracy, (tzw. względu badawczego), wyodrębniłem przede wszystkim parametry, które można było skorelować z funkcją czasu. Ponadto model posiada mechanizm zapewniający jego otwartość, poprzez możliwość kreowania nowych obiektów. Przyjąłem, że dla statków powietrznych najistotniejsze parametry dotyczą wariantów uzbrojenia oraz danych taktyczno-technicznych, ze szczególnym wyeksponowaniem parametrów przestrzennych. Dla każdego statku powietrznego można zdefiniować dowolną, policzalną ilość wariantów uzbrojenia. Wariant uzbrojenia powinien być definiowany za pomocą parametrów zapewniających zagospodarowanie podwieszonych, które posiada dany statek powietrzny, z szeregiem ograniczeń natury instrukcyjnej.

Samoloty bazują na lotniskach stałych, w ramach węzłów baz lotniczych. Do działań bojowych można również wykorzystać drogowe odcinki lotniskowe (DOL). Obiekty te są na tyle złożone, że muszą być reprezentowane subobiektami, które to subobiekty są osobnymi bytami w modelu. Na lotnisku najważniejszymi elementami są:

- elementy OPL (najczęściej na początku i na końcu pasa startowego);
- drogi kołowania;
- pas startowy;
- składy materiałów pędnych i smarów (występują najczęściej dwa);
- strefy rozśrodkowania samolotów (płaszczyzny postojów samolotów);
- składy amunicji.

Spełnienie warunku adekwatności modelu wymusiło reprezentację lotniska jako obiektu złożonego. W prototypach modelu sformułowano, iż lotnisko po ataku bombowym zostało uszkodzone np. w 40%, wnosilo informację, która miała znamiona zafałszowanej diagnozy. Inne konsekwencje ma uszkodzenie pasa startowego, inne elementów OPL, czy MPS-ów. By zapewnić logiczną ciągłość modelu (gry), lotnisko (lądowisko, DOL) powinno być postrzegane jak zbiór zależnych względem siebie subkomponentów, o wyodrębnionych korelacjach względem siebie. Czyli, lotnisko

(lądowisko, DOL) nie może być modelowane jako jednorodna płaszczyzna, musi być to zbiór subobiektów. Toteż dla modelu każdy z subobiektów stanowi osobny byt reprezentowany zbiorem parametrów.

Modelując lotnictwo nie sposób uwolnić się od szeregu wątpliwości i pytań, przede wszystkim o zakres kreowania bazy danych obiektów fizycznych, z których będą budowane konkretne scenariusze. Czy model powinien ograniczać się do zasobów sprzętowych będących na wyposażeniu polskiej armii, czy ograniczyć go do możliwych rodzajów lotnictwa i środków walki? Nie ma jednoznacznych odpowiedzi na tak sformułowane pytania. Jednak brak pełnej dokumentacji z zakresu taktyki działania uzbrojenia naszych sojuszników i ewentualnych przeciwników wymusza rozwiązanie otwarte, tzn. takie w którym nie będzie zamkniętego zbioru statków powietrznych i środków walki, na rzecz określenia zbioru parametrów, które scenarzysta wypełniałby tworząc scenariusz konkretnej gry. Takie rozwiązanie jest na tyle elastyczne, że umożliwia rozgrywanie sytuacji hipotetycznych, w których będą użyte środki przyszłości, dzisiaj jeszcze nie występujące, oraz określanie parametrów pożądaných dla tych środków.

W modelu na etapie badań wstępnych, eksperci oraz ankietowani odrzucili pomysł modelowania działania pocisków balistycznych, ze względu na przyjęty szczebel taktyczny, którego model ma dotyczyć. Aczkolwiek pierwsze wersje modelu, poprzez swą otwartość i uproszczone algorytmy zapewniały wykreowanie takiego obiektu powietrznego, z parametrami prędkość lotu rzędu 7000 km/s oraz start pionowy, co w istocie mogło symulować rakiety balistyczne, a także rakiety manewrujące. W wersji obecnej poprzez wprowadzenie parametrów: prędkość zniżania i prędkość wznoszenia można imitować lot wielu różnych statków powietrznych.

Na podstawie przeprowadzonych gier testowych warto (z punktu widzenia kryterium adekwatności) wyeksponować priorytety, decydujące o wygranej, które grający stosowali w zakresie kolejności atakowania obiektów (zasobów) strony przeciwnej. Prawie zawsze wygrywała strona, która w pierwszej kolejności zwalczała główne lotniska lotnictwa uderzeniowego, a szczególnie lotniska bazowania samolotów nosicieli broni jądrowej. W następnej kolejności niszczone powinny być pozostałe lotniska oraz inne obiekty infrastruktury sił powietrznych przeciwnika. W ramach niszczenia lotnisk model jest ukierunkowany na niszczenie w pierwszej kolejności dróg startowych i dróg kołowania celem zablokowania bazujących tam samolotów, uniemożliwiając im start. Kolejne ataki powinny niszczyć zablokowane samoloty, stanowiska dowodzenia i inne elementy infrastruktury lotnisk. Przeprowadzone

rozgrywki symulacyjne potwierdzały prawie zawsze znaną prawdę, że uderzenia na lotniska eliminują działanie lotnictwa przeciwnika bardziej niż jakikolwiek system obrony powietrznej.

W rezultacie każde lotnisko oraz samolot w modelu powinny być opisane zestawem następujących rodzajów parametrów podanych w poniższych tabelach.

Lp.	Cecha	Występuje (tak / nie)	Uwagi:
1.	Etykieta, nazwa	TAK	
2.	Etykieta, nr obiektu	TAK	
3.	Piktogram	TAK	
4.	Mobilność	NIE	
5.	Stacjonarność	TAK	
6.	Parametry sprawnościowe	TAK	
7.	Parametry odpornościowe	TAK	Dotyczy oddziaływania ogniowego
8.	Parametry związane z rozpoznaniem	TAK	
9.	Czy zawiera w sobie subobiekty?	TAK	
10.	Czy jest subobiektem	NIE	
11.	Sterowanie z poziomu koordynatora	TAK	
12.	Sterowanie z poziomu przynależności do strony „X”/”Y”	NIE	
13.	Czy skorelowany z innym obiektem	TAK	Korelacja ze statkami powietrznymi
14.	Inne		Powinno być wyeksponowany pas startowy

Tabela 2.3.3.1. Rodzaje parametrów dla lotniska (lądowiska, DOL-u).

Lp.	Cecha	Występuje (tak / nie)	Uwagi:
1.	Etykieta, nazwa	TAK	
2.	Etykieta, nr obiektu	TAK	
3.	Piktogram	TAK	
4.	Mobilność	TAK	
5.	Stacjonarność	NIE	
6.	Parametry sprawnościowe	TAK	Dla H>0 Funkcja boolowska
7.	Parametry odpornościowe	TAK	Dotyczy oddziaływania ogniowego
8.	Parametry związane z rozpoznaniem	TAK	
9.	Czy zawiera w sobie subobiekty?	TAK	
10.	Czy jest subobiektem	NIE	
11.	Sterowanie z poziomu koordynatora	TAK	
12.	Sterowanie z poziomu	TAK	

	przynależności do strony „X”/”Y”		
13.	Czy skorelowany z innym obiektem	TAK	
14.	Inne		Zapewnić w modelu mechanizm definiowania różnych wariantów uzbrojenia

Tabela 2.3.3.2. Rodzaje parametrów dla statku powietrznego.

2.3.3.2. Wskaźniki opisujące

W wyniku przeprowadzonych badań przyjąłem, że podstawowym obiektem lotnictwa jest w modelu statek powietrzny, charakteryzowany wskaźnikami czasowymi, przestrzennymi i potencjału bojowego.

Wskaźniki przestrzenne

Dążąc do zwiększenia taktycznego promienia działania podczas wyboru trasy lotu, należy stosować kryterium, w którym długość trasy do celu i z powrotem będzie równa lub mniejsza od taktycznego zasięgu samolotów, co można wyrazić w postaci zależności:

$$D_{trasy} \leq L_T$$

gdzie:

D_{trasy} – długość trasy mierzona od lotniska startu do obiektu działań, a następnie do lotniska lądowania [km];

L_T – taktyczny zasięg samolotu [km].

Taktyczny zasięg samolotu [L_T], to największa odległość jaką może w linii prostej przebyć samolot (grupa samolotów) bez uzupełniania paliwa od momentu startu do lądowania, z uwzględnieniem zapasu paliwa na pokonanie OPL, walkę powietrzną itp.

Do określenia taktycznego promienia działania lub taktycznego zasięgu samolotu niezbędne jest ustalenie ilości paliwa potrzebnej do wykonania lotu poziomego Q_{lp} , którą można obliczyć za pomocą wzoru:

$$Q_{lp} = K [k(Q_{obl.} - Q_z - Q_m) - (Q_{st i wzn.} + Q_{zb.} + Q_{pc} + Q_{zn} + Q_{lad})]$$

gdzie:

K – współczynnik uwzględniający zwiększenie zużycia paliwa podczas lotu grupą samolotów. W lotnictwie uderzeniowym przyjmuje się:

$K = 1$ dla pary samolotów;

$K = 0,96$ dla klucza samolotów;

$K = 0,93$ dla eskadry samolotów (12 samolotów).

k – współczynnik uwzględniający nawigacyjny zapas paliwa (w lotnictwie uderzeniowym przyjmuje się $k = 0,93 \div 0,9$ w zależności od sytuacji taktyczno-nawigacyjnej i poziomu wyszkolenia pilotów);

Q_{obl} – obliczony zapas paliwa do wykonania lotu (kg), który wynosi:

$$Q_{obl} = Q_{cg} * K_1 + Q_{cp}$$

Q_{cg} – całkowity zapas paliwa w zbiornikach głównych [kg];

K_1 – współczynnik uwzględniający techniczny zapas paliwa (przyjmuje się, że $K_1 = 0,93$);

Q_{cp} – zapas paliwa w zbiornikach podwieszanych [kg];

Q_z – zużycie paliwa w czasie pracy silników na ziemi (uruchomienie, próba, kołowanie do startu) w [kg];

Q_m – pozostałość paliwa w instalacji, tzw. „paliwo martwe” w [kg];

$Q_{st\ i\ wzn.}$ – zużycie paliwa w czasie startu i wznoszenia w [kg];

Q_{zb} – zużycie paliwa w czasie zbiórki [kg];

Q_{pc} – zużycie paliwa podczas działań nad celem [kg];

Q_{zn} – zużycie paliwa podczas zniżania [kg];

Q_{lad} – zużycie paliwa podczas lądowania [kg].

Znając zapas paliwa potrzebny do wykonania lotu poziomego, można obliczyć taktyczny zasięg lotu oraz taktyczny promień działania, który jest o połowę mniejszy od taktycznego zasięgu lotu;

$$L_T = \frac{Q_{lp}}{C_k} + S_{wzn.} + S_{zb.} + S_{zn.}$$

$$R_T = 0,5 * L_T$$

gdzie:

L_T – taktyczny zasięg lotu w [km];

$S_{wzn.}$ – droga przebyta w czasie startu i wznoszenia w [km];

$S_{zb.}$ – droga przebyta w czasie zbiórki w razie dopędzania na trasie lotu w [km];

$S_{zn.}$ – droga przebyta w czasie zniżania w [km];

C_k – kilometrowe zużycie paliwa [kg]

R_T – taktyczny promień działania w [km].

Jednak taka konwencja liczenia zużycia paliwa jest trudno transformowalna na kod programu, a zatem na tym etapie pracy mało użyteczna do konstruowania modelu. Ponadto, biorąc pod uwagę fakt, iż w danym epizodzie gry będzie mogło występować nawet kilkadziesiąt statków powietrznych należałoby się spodziewać, że proces liczenia zużycia paliwa mógłby stać się dominujący w stosunku do innych procesów (w mojej

opinii istotniejszych). Zatem całość tego procesu zredukowałem (opierając się na opiniach ekspertów), do kilku najistotniejszych aspektów:

- statek powietrzny należy opisać m.in. parametrem: zasięg[km];
- jeśli dany statek powietrzny będzie (w ramach wariantu uzbrojenia) miał zbiornik z paliwem, to definiując ten zbiornik z paliwem należy uwzględnić o ile kilometrów dany zbiornik przedłuży zasięg (w [km]) statku powietrznego;
- zbiornik z paliwem jako element wariantu uzbrojenia powinien być opisany parametrem: zasięg [km].

Oczywiste wydaje się przewidzenie sytuacji, gdzie zostanie zdefiniowana taka trasa dla statku powietrznego lub nastąpi taka chwila czasowa podczas grania, że zależność:

$$D_{trasy} \leq L_T,$$

stanie się nieprawdziwa. W takiej sytuacji pilot może się katapultować, natomiast statek powietrzny zostaje zniszczony.

Głębokość bojowego oddziaływania samolotów LMB obejmuje przestrzeń mierzoną od rubieży styczności bojowej wojsk w głąb terytorium nieprzyjaciela do rubieży ograniczonej taktycznym promieniem działania samolotów. Wynika z tego, że głębokość bojowego oddziaływania lotnictwa myśliwsko – bombowego uzależniona jest od odległości bazowania i wielkości taktycznego promienia działania samolotów. Znając odległość bazowania lotnictwa od rubieży styczności bojowej wojsk i taktyczny promień działania, można określić głębokość bojowego oddziaływania samolotów według następującego wzoru:

$$G_{bo} = R_T - D_b$$

gdzie:

G_{bo} – głębokość bojowego oddziaływania samolotów na nieprzyjaciela;

D_b – odległość bazowania lotnictwa od rubieży styczności bojowej wojsk.

W razie potrzeby prowadzenia działań bojowych poza zasięgiem bojowego oddziaływania samolotów zachodzi konieczność lądowania samolotów na lotnisku zapasowym (wysuniętym) lub na lotnisku sąsiada położonym bliżej rubieży styczności bojowej wojsk.

Możliwa rubież wprowadzenia do walki

a) z lotniska:

$$S_{MRW} = \frac{D + d - V_c \left(\sum t + t_{man} \right)}{1 + n} \quad (\text{atak z tylnej półsfery})$$

$$S_{MRW} = \frac{D - d - V_c (\sum t + t_{man}^1)}{1 + n} \quad (\text{atak z przedniej półsfery})$$

$$\sum t = t_{pas} + t_{st}$$

gdzie:

D - odległość wykrycia celu powietrznego mierzona od lotniska startu;

d - odległość myśliwca od celu w momencie wprowadzenia go do walki;

t_{pas} - czas od momentu wykrycia celu do momentu podania komendy na start myśliwca;

t_{man} - czas manewru myśliwca w końcowej fazie naprowadzania;

n - stosunek prędkości celu do prędkości myśliwca;

t_{st} - czas startu; t_{man}^1 - czas manewru podczas ataku z przedniej półsfery (praktycznie może być pominięty)

b) z dyżurowania w powietrzu:

$$S_{MRW} = \frac{D + d - V(t_{pas} + t_{man})}{1 + n}$$

gdzie:

D - odległość wykrycia celu powietrznego mierzona od środka strefy dyżurowania;

t_{pas} - czas od momentu wykrycia celu powietrznego do momentu rozpoczęcia naprowadzania samolotu myśliwskiego;

t_{man} - czas manewru w celu wyjścia ze strefy dyżurowania oraz w końcowej fazie naprowadzania, przyjmuje się ok. 1 – 2 minuty.

Konkludując treści z akapitu „Głębokość bojowego oddziaływania samolotów LMB” należy zwrócić uwagę na fakt, iż na polu walki (w szczególności opisując szczebel taktyczny), zachodzi szereg skomplikowanych, o dużym stopniu szczegółowości związków przyczynowo-skutkowych, reprezentowanych konkretnymi parametrami, przybierającymi konkretne wartości w czasie. Umiejętność kojarzenia tych związków i przypisywania im wartości może świadczyć o dobrym przygotowaniu i wysokim stopniu kompetencji, a przede wszystkim wyobraźni taktycznej. Wydaje się, iż grający którzy doskonale opanują charakterystyki obiektów elementarnych biorących udział w grze, będą podejmowali optymalne decyzje.

Te wymienione powyżej i inne czynniki mające swą reprezentację w modelu w postaci określonych parametrów stanowią tylko znikomą część, tych wszystkich które

powinny być brane pod uwagę. Ale istnieje również grupa czynników, których określenie nawet z „dużym” przybliżeniem jest problematyczne, natomiast ich uwzględnienie lub nie może wpłynąć na przykład, na zakładaną (obliczoną) skuteczność działań bojowych lotnictwa. Dotyczą one przede wszystkim tych aspektów działań, które są podejmowanych przez przeciwnika (maskowanie, pozorowanie, rozbudowa inżynierska itp.). Przykładem są działania bojowe z użyciem lotnictwa prowadzone w latach dziewięćdziesiątych ostatniego stulecia, gdzie weryfikacja w warunkach wojennych założeń teoretycznych, wyników badań laboratoryjnych i poligonowych wypadła niepomyślnie dla wielu środków bojowych i założeń taktycznych.

Niezależnie jak duża ilość parametrów opisuje dany proces, istotne jest by mieć na tyle rozległą, a zarazem szczegółową wiedzę, by móc właściwie interpretować wybrane elementy z przestrzeni stanów występujących w czasie gry.

2.3.4. Wojska OPL

Wojska Obrony Przeciwlotniczej (według nazewnictwa NATO – wojska raketowe) powinny zachowywać ciągłą zdolność do wykonania zadań bojowych, które związane są z niszczeniem ŚNP zagrażających bronionym obiektom. Struktura organizacyjna WOPL jest bardzo zróżnicowana, od pojedynczych środków, mogących samodzielnie realizować zadania do zwartych jednostek typu brygada włącznie. Taka rozległość struktur organizacyjnych powoduje konieczność stworzenia odpowiedniego mechanizmu w modelu, który zapewniłby zarówno odwzorowywanie działalności pojedynczych środków, ale i całych złożonych struktur WOPL. Wymagało to przyjęcia pewnej specyficznej filozofii opisu w modelu obiektów cząstkowych. Przyjąłem za obiekt cząstkowy taką jednostkę, która może samodzielnie realizować zadania przewidziane dla WOPL.

Często do osłony bezpośredniej jednostek raketowych wydzielane są środki artyleryjskie i raketowe małego zasięgu, rozwijane bezpośrednio w ugrupowaniu tej jednostki.

2.3.4.1. Zakres modelowania

Przeciwlotnicze zestawy raketowe (systemy raket przeciwlotniczych) cechuje przede wszystkim możliwość utrzymywania przez dłuższy czas wysokiego stopnia gotowości do działań i reagowania w relatywnie krótkim czasie. Systemy te są w stanie zwalczać niemal wszystkie rodzaje współczesnych ŚNP, w każdych warunkach

atmosferycznych i w dowolnym czasie, a także uzyskać dużą siłę ognia przeciwlotniczego w określonych obszarach działań.

Różnorodność możliwości będących obecnie w użyciu zestawów OPL jest bardzo duża. Są np. zestawy raketowe, które nie mogą prowadzić ognia do celów nieruchomych (śmigłowców w zawisie), liczne zestawy mają poważne ograniczenia w zakresie liczby jednocześnie zwalczanych obiektów, mają one określone ograniczenia czasowe i przestrzenne. Są to na tyle istotne ograniczenia, iż w modelu powinny znaleźć swoją reprezentację.

Dla konkretnych zestawów występują czasami bardzo szczególne ograniczenia, których uwzględnienie w modelu wymagałoby zastosowania odrębnego parametru opisującego, co z praktycznego punktu widzenia nie jest rozwiązaniem korzystnym, ponieważ przeprowadzone badania wykazały, iż pożądanym jest by opis każdego obiektu występującego w modelu maksymalnie ograniczać w sensie ilości parametrów. Ilość parametrów powinna być zdeterminowana przede wszystkim zapewnieniem reprezentatywności danego obiektu. Ostatecznie przyjąłem, że obiekt jednostkowy wojsk OPL będzie reprezentowany w modelu zestawem parametrów podanych w poniższej tabeli.

Lp.	Cecha	Występuje (tak / nie)	Uwagi:
1.	Etykieta, nazwa	TAK	
2.	Etykieta, nr obiektu	TAK	
3.	Piktogram	TAK	
4.	Mobilność	TAK	
5.	Stacjonarność	TAK	
6.	Parametry sprawnościowe	TAK	
7.	Parametry odpornościowe	TAK	Dotyczy oddziaływania ogniowego
8.	Parametry związane z rozpoznaniem	TAK	
9.	Czy zawiera w sobie subobiekty?	NIE	
10.	Czy jest subobiektem	NIE	
11.	Sterowanie z poziomu koordynatora	TAK	
12.	Sterowanie z poziomu przynależności do strony „X”/”Y”	TAK	
13.	Czy skorelowany z innym obiektem	NIE	
14.	Inne		

Tabela 2.3.4.1. Rodzaje parametrów dla zestawu raketowego.

2.3.4.2. Wskaźniki opisujące

W wyniku przeprowadzonych badań przyjąłem, że podstawowym obiektem przeciwlotniczym zestaw (jednostka) raketowa (artyleryjska), mogący samodzielnie rozpoznawać i prowadzić działalność bojową, charakteryzowany wskaźnikami czasowymi, przestrzennymi i potencjału bojowego.

Wskaźniki przestrzenne

Każdy przeciwlotniczy system (zestaw) raketowy posiada ściśle określone możliwości przestrzenne, charakteryzowane głównie przez strefę ognia. Ona bowiem charakteryzuje potencjalne odległości i wysokości strzelania zestawu raketowego.

Strefa ognia nazywa się część strefy ostrzału (ostrzelania), w której granicach prawdopodobieństwo zniszczenia celu powietrznego jedną raketą nie jest mniejsze od zadanego prawdopodobieństwa. Strefa ta charakteryzuje możliwości przeciwlotniczego zestawu raketowego w niszczeniu różnych celów powietrznych w określonych warunkach. Strefa ognia ma złożony kształt, ponieważ jest bryłą geometryczną. W celu uproszczenia analizy i przejrzystego zobrazowania strefy ognia korzysta się z jej pionowego i poziomego przekroju. Wymiary strefy ognia zestawu raketowego zależą od typu stosowanych rakiet, wybranej metody naprowadzania, typu i charakteru ostrzeliwanych celów oraz rodzaju przeciwdziałania radioelektronicznego.

Strefa ognia w płaszczyźnie poziomej charakteryzowana jest za pomocą następujących wskaźników:

- poziomą odległością do dalszej granicy (d_d);
- poziomą odległością „stożka martwego”, czyli do bliższej granicy (d_b);
- maksymalnym kątem kursowym (q_{max}).

Dalsza granica strefy ognia (d_d) jest to maksymalna odległość na której możliwe jest rażenie celu powietrznego. Zasadniczym czynnikiem określającym dalszą granicę strefy ognia jest zasięg sterowanego lotu rakiety. Rozróżnia się dalszą aktywną granicę strefy ognia, którą wyznacza lot rakiety z pracującym silnikiem raketowym oraz dalszą pasywną granicę wyznaczoną bezwładnościowym lotem rakiety⁵⁴. Z reguły wielkość ta jest przedstawiana w opracowaniach przygotowanych przez firmę produkującą zestaw raketowy. W stosunku do systemów znajdujących się w uzbrojeniu wojsk raketowych sił powietrznych RP takie dane znajdują się w zasadach strzelania lub instrukcjach poświęconych pracy bojowej. Nie zachodzi zatem potrzeba jej obliczania.

54 R. Paradowski, Teoria strzelania przeciwlotniczymi raketami kierowanymi, ASG WP, Warszawa 1985, s.71.

Bliższa granica strefy ognia (d_b) jest to minimalna odległość na której możliwe jest niszczenie celu powietrznego. Granica ta określona jest odległością wprowadzenia rakiety na tor kinematyczny oraz dynamicznymi błędami naprowadzania. Odległość wprowadzenia rakiety na tor kinematyczny zależy głównie od długości odcinka niekierowanego lotu rakiety oraz dokładności wstrzelenia jej w środek sektora obserwacji stacji naprowadzania rakiet⁵⁵. Podobnie jak w wypadku dalszej granicy strefy ognia również ten wskaźnik znajduje odzwierciedlenie w zasadach strzelania lub instrukcjach pracy bojowej.

Maksymalnym kątem kursowym nazywa się kąt leżący w płaszczyźnie poziomej zawarty pomiędzy kierunkiem na SNR a kursem celu.

Odległość pomiędzy dalszą i bliższą granicą strefy ognia mierzona wzdłuż kursu lotu celu nosi nazwę głębokości strefy ognia. Wskaźnik ten może być użyteczny w obliczeniach operacyjno-taktycznych do określenia czasu przebywania celu w strefie ognia przeciwlotniczego systemu (zestawu) raketowego.

W płaszczyźnie pionowej natomiast wyróżnia się:

- górną granicę strefy ognia H_{max} ;
- dolną granicę strefy ognia H_{min} .

Górna granica strefy ognia (H_{max}) jest to maksymalna wysokość na której możliwe jest rażenie środka napadu powietrznego potencjalnego przeciwnika. Granica ta określona jest stosunkiem przeciążeń rozporządzalnych do przeciążeń niezbędnych rakiety i konieczną głębokością tej strefy zapewniającą ostrzelanie celu określoną liczbą rakiet w serii. Ze wzrostem wysokości przeciążenia niezbędne do utrzymania rakiety na torze kinematycznym zbliżają się do przeciążeń rozporządzalnych. Podczas sterowania rakieta na dużych wysokościach może dojść do tego, że wymagana krzywizna toru kinematycznego będzie większa od krzywizny, którą rakietka zdolna jest osiągnąć dzięki swym możliwościom manewrowym. Przekroczenie przeciążeń rozporządzalnych prowadzi do zwiększenia trudnych warunków do skompensowania błędów dynamicznych lub do utraty kierowania rakieta. Wielkość ta jest określana doświadczalnie i podawana w zestawieniach tabelarycznych.

Dolna granica strefy ognia (H_{min}) jest to najmniejsza wysokość na której możliwe jest rażenie ŚNP przeciwnika. Ograniczenie strefy ognia uwarunkowane jest wpływem powierzchni ziemi (wody) na pracę środków radiolokacyjnych zestawu, a

⁵⁵ Tamże, s.71.

także możliwością uderzenia rakiety o powierzchnię ziemi (wody) przy wprowadzaniu jej na tor i w czasie naprowadzania na cel.

Aby spotkanie rakiety z celem nastąpiło w określonym punkcie strefy ognia, start rakiety powinien nastąpić nieco wcześniej, ponieważ należy uwzględnić prędkość lotu celu, jego możliwości manewrowe oraz czas lotu rakiety do punktu spotkania z celem. Dlatego też określono tzw. strefę startu. Strefę startu zdefiniowano jako część przestrzeni, w której powinien znajdować się cel powietrzny w momencie startu rakiety, aby jej spotkanie z celem nastąpiło w strefie ognia.

Rozpatrując możliwości przestrzenne pododdziału raketowego (PZR) używa się również takiego pojęcia, jak strefa ostrzału. Pod pojęciem realnej strefy ostrzału pododdziału raketowego należy rozumieć przestrzeń wokół stanowiska ogniowego (stanowiska startowego), w granicach którego zapewnione jest zniszczenie celu powietrznego przy realnych odległościach wykrywania. W dostępnych publikacjach najczęściej podawane są dane dotyczące strefy ognia przeciwlotniczych zestawów lub systemów raketowych, rzadko kiedy natomiast autorzy bądź firmy produkujące przeciwlotnicze systemy podają dane dotyczące strefy startu – dalszą i bliższą granicę. Wielkości te w mojej ocenie mają duże znaczenie w zarówno w procesie planowania użycia naziemnych sił obrony powietrznej, jak i innych prowadzonych ocenach.

Wielkość dalszej granicy strefy startu można obliczyć z zależności:

$$d_{ds} = d_d + V_c * T_{lr}$$

gdzie:

d_d – pozioma odległość do dalszej granicy strefy startu,

V_c – prędkość lotu celu powietrznego,

T_{lr} – czas lotu rakiety do dalszej granicy strefy ognia.

oraz

$$d_{bs} = d_b + V_c * T_{lr}$$

gdzie:

d_b – pozioma odległość do bliższej granicy strefy ognia,

V_c – prędkość lotu celu powietrznego,

T_{lr} – czas lotu rakiety do bliższej granicy strefy ognia.

Wskaźniki czasowe

Kolejna grupa wskaźników charakteryzujących możliwości przeciwlotniczych systemów raketowych to wskaźniki (parametry) czasowe). W wojskach raketowych sił powietrznych, do wskaźników czasowych można zaliczyć: czas manewru, czasy

charakteryzujące gotowość bojową, a w tym czas osiągnięcia wzmożonej gotowości bojowej lub pełnej gotowości bojowej oraz czasy określające przejście pododdziałów raketowych z gotowości bojowej nr 3, do gotowości bojowej nr 1 (tzw. stopnie gotowości bojowej)⁵⁶ oraz czas zgromadzenia odpowiedniego zapasu rakiet.

Czas manewru (T_m) jest podstawowym wskaźnikiem możliwości manewrowych pododdziału wojsk raketowych sił powietrznych. Stanowi on sumę: czasu niezbędnego na zwinięcie przeciwlotniczego zestawu raketowego, czasu sformowania kolumny marszowej, czasu wykonania marszu oraz czasu rozwinięcia zestawu na nowym (zapasowym) stanowisku startowym. Wskaźnikami składowymi czasu manewru zatem są:

- czas zwijania sprzętu bojowego;
- czas formowania kolumny;
- czas marszu;
- czas rozwijania sprzętu bojowego;

Czas zwijania pododdziału raketowego (przeciwlotniczego zestawu raketowego)⁵⁷ jest to czas potrzebny do jego przejścia z położenia bojowego do położenia marszowego. Czas ten jest różny dla różnych przeciwlotniczych zestawów raketowych. W zestawach raketowych pierwszej i drugiej generacji jest znacznie dłuższy niż w najnowocześniejszych systemach raketowych, gdzie czas potrzeby na zwinięcie systemu zawiera się w granicach od 15 do 45 minut.

Czas rozwijania pododdziału raketowego (przeciwlotniczego zestawu raketowego) to czas potrzebny do jego przejścia z położenia marszowego, w położenie bojowe na nowym (zapasowym) stanowisku startowym.

Czas formowania kolumny marszowej to czas potrzebny na (odpowiednie) ustawienie poszczególnych kabin przeciwlotniczego zestawu raketowego w kolumnie marszowej.

Czas marszu pododdziału raketowego jest czasem niezbędnym na przejazd pododdziału raketowego na nowe stanowisko startowe. Czas ten zależy: do długości trasy, rodzaju drogi (szosa, droga gruntowa, itp.) oraz pory roku i doby.

Czas wykonania manewru można obliczyć korzystając następującej zależności:

$$T_{man} = t_{zw} + t_m + t_{zaj} + t_{roz}$$

⁵⁶ Podobnie jak w lotnictwie myśliwskim, czasy te są ściśle określone i zestawione w tabelach. W związku z tym nie ma potrzeby ich określania w kalkulacjach taktyczno – operacyjnych

⁵⁷ Każdy pododdział raketowy posiada tylko jeden przeciwlotniczy zestaw raketowy.

gdzie:

t_{zw} - czasu przejścia w położenie marszowe;

t_m - czasu wykonania marszu;

t_{zaj} - czasu zajęcia stanowiska bojowego;

t_{roz} - czasu rozwinięcia PZR na nowym stanowisku startowym.

Czas marszu można obliczyć z następującej zależności:

$$t_m = \frac{S_M}{V_M}$$

gdzie:

S_M - odległość marszu, liczona od punktu wyjściowego do najbardziej oddalonego punktu ześrodkowania;

V_M - średnia prędkość marszu, która zależy między innymi od stanu dróg oraz pory doby.

Czas zgromadzenia odpowiedniej liczby rakiet w pododdziale, oddziale (ZT) wojsk raketowych (t_{zgr}) to podstawy wskaźnik możliwości zabezpieczenia w rakiety. Wskaźnikami składowymi są: wszystkie czasy charakteryzujące proces przygotowania rakiet na potoku technologicznym oraz dostarczania ich do pododdziałów raketowych lub na stanowisko startowe dywizjonów (dotyczy to dywizjonów raketowych usamodzielnionych - posiadających w swej strukturze organizacyjnej baterię techniczną lub pluton techniczny). Można więc przyjąć następujące wskaźniki składowe:

- czas napełnienia jednej rakiety sprężonym powietrzem za pomocą dystrybutora (t_{napel1});
- czas napełnienia jednocześnie dwóch rakiet sprężonym powietrzem z jednego dystrybutora powietrza (t_{napel2});
- czas napełnienia jednocześnie czterech rakiet sprężonym powietrzem z jednego dystrybutora powietrza (t_{napel4});
- czas uzbrojenia, obejmujący uzbrojenie rakiet pironabojami, połączenie złącz mechanizmu wykonawczo - zabezpieczającego (MZW) i ustawienie przekroju krytycznego dysz silników startowych (t_{uzbr});
- czas założenia pokrowców na samochód transportowo – załadowczy (t_{zSTZ});

- czas wykonania pełnego (S-75M) lub kompleksowego (S-125M) sprawdzenia rakiet przez ruchomą stację kontrolno - pomiarową. Czas ten liczony jest od rozpoczęcia podłączenia rakiety do stacji, do momentu odjazdu rakiety na kolejne stanowisko technologiczne (t_{RSKP});
- czas dowozu rakiet na stanowiska startowe dywizjonu raketowego (t_{dow}).

Przedstawione powyżej parametry w zasadzie dotyczą zestawów raketowych starszej generacji. Obecnie produkowane systemy raketowe najczęściej posiadają rakiety w specjalnych kontenerach, które służą zarówno jako urządzenie startowe jak i pojemnik do przechowywania. Należy również podkreślić, że przed ich zastosowaniem bojowym nie wymagają specjalnego technicznego przygotowania, jak ma to miejsce w przypadku zestawów raketowych klasy SA-2 czy SA-3.

Do grupy wskaźników czasowych należy zaliczyć także **cykl strzelania**. Możliwości przeciwlotniczego zestawu lub systemu raketowego w kolejnym ostrzelaniu celów powietrznych są charakteryzowane wielkościami minimalnego przedziału czasowego między celami, przy którym zapewnione jest kolejne ostrzeliwanie na dalszej granicy strefy ognia. Wartości wspomnianego przedziału czasowego odpowiadają czasowi zajętości zestawu lub systemu raketowego do celu i określone są czasem trwania cyklu strzelania oraz czasem przygotowania kolejnych rakiet do startu.

Pod pojęciem cyklu strzelania należy rozumieć ogół operacji wykonywanych podczas strzelania do jednego celu i przeniesienia ognia na cel następny. Czas trwania cyklu strzelania zależy między innymi od:

- sposobu kierowania ogniem pododdziału raketowego (zautomatyzowany lub niezautomatyzowany system dowodzenia);
- stopnia przygotowania (wytrenowania) składu osobowego;
- odległości strzelania.

Czas cyklu strzelania określa się z zależności:

$$T_c = T_o + T_p$$

gdzie:

T_c - czas cyklu strzelania;

T_o - czas ostrzelania celu powietrznego;

T_p - czas przeniesienia ognia na kolejny cel powietrzny.

Czas ostrzelenia celu powietrznego, jest czasem liczonym od momentu odpalenia pierwszej rakiety do momentu spotkania się ostatniej rakiety z serii z celem powietrznym. Czas ten oblicza się ze wzoru:

$$T_o = t_{st} + (n - 1) \cdot t_o + t_{lr}$$

gdzie:

T_o - czas ostrzelenia celu powietrznego;

t_{st} - czas opóźnienia startu rakiety;

t_o - tempo strzelania serii rakiet;

t_{lr} - czas lotu rakiety, np. do dalszej granicy strefy ognia.

Czas przeniesienia ognia

$$T_p = T_k + T_{obr} + T_{prz} + T_{pw}$$

T_p – czas przeniesienia ognia,

T_k – czas wydania komendy do przeniesienia ognia na inny cel,

T_{obr} – czas obrotu anten SNR w kierunku na cel,

T_{prz} – czas przechwycenia celu,

T_{pw} – czas przygotowania danych wyjściowych do strzelania.

Wśród wskaźników czasowych istotne miejsce zajmują wskaźniki związane z realizacją **przemieszczeń (marszów)**. Marsz rozpoczyna się od otrzymania zadania do jego wykonania i opuszczenia dotychczasowej pozycji bojowej. Przyjęcie określonego ugrupowania marszowego powinno zapewnić, jak najsprawniejsze i szybkie przesunięcie manewrującego pododdziału. Tworząc kolumnę pojazdów przyjmuje się jako zasadę, że najwolniejsze pojazdy należy kierować na czoło kolumny.

Sumaryczny czas niezbędny na wykonanie manewru określa się z zależności:

$$T_m = t_{pwpm} + t_{marszu} + t_{pwpb}$$

gdzie: T_m - czas wykonania manewru (sumaryczny);

t_{pwpm} - czas przejścia w położenie marszowe;

$$t_{pwpm} = t_{pz} + t_{zws} + t_{fk}$$

t_{pz} - czas na postawienie zadania do wykonania manewru;

t_{zws} - czas zwijania sprzętu na pozycji dotychczasowej;

t_{fk} - czas formowania kolumny marszowej;

t_{marszu} - czas marszu;

$$t_{\text{marszu}} = t_{\text{dm}} + t_{\text{odp}}$$

t_{dm} - czas potrzebny na pokonanie drogi marszu (sumaryczny);

t_{odp} - czas krótkich i długich odpoczynków (sumaryczny);

t_{pwpb} - czas przejścia w położenie bojowe;

$$t_{\text{pwpb}} = t_{\text{pzn}} + t_{\text{rws}} + t_{\text{sps}}$$

t_{pzn} - czas potrzebny na postawienie zadania na nowej pozycji;

t_{rws} - czas potrzebny na rozwinięcie sprzętu na nowej pozycji;

t_{sps} - czas strojenia i sprawdzania technicznego sprzętu.

Jeżeli droga marszu ma różną nawierzchnię lub występują odcinki dróg gruntowych o różnej jakości (przejezdne, średnio przejezdne, trudno przejezdne), to czas pokonania każdego odcinka należy obliczyć oddzielnie, ponieważ różna będzie prędkość środków ciągu w czasie ich pokonywania. W takich okolicznościach czas sumaryczny na pokonanie drogi marszu obliczamy ze wzoru:

$$t_{\text{dm}} = \frac{d_1}{V_1} + \frac{d_2}{V_2} + \frac{d_3}{V_3} + \dots + \frac{d_n}{V_n}$$

gdzie:

$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$ - odcinki drogi o różnej nawierzchni i różnym stanie przejezdności;

$V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ - prędkości środków ciągu na poszczególnych odcinkach dróg.

Do celów kalkulacyjnych należy przyjąć średnią prędkość kolumny w dzień 25-35 km/h oraz 15-20 km/h w nocy.

Długość kolumny - określa się wg wzoru:

$$G = n(l + l_p) - l$$

gdzie: G - głębokość kolumny marszowej;

n - ilość samochodów w kolumnie;

l - odległość pomiędzy pojazdami w kolumnie;

l_p - średnia długość pojazdów w kolumnie: (14 m);

Wskaźniki potencjału bojowego

Kluczową rolę wśród wskaźników opisujących środki OP odgrywiają wskaźniki potencjału bojowego, którymi są w tym przypadku możliwości ogniowe.

Za podstawowy wskaźnik potencjału OP przyjęto reprezentowane przez ten potencjał możliwości ogniowe. Możliwości te wyrażane są w eksperymencie liczbą zniszczonych ŚNP przez poszczególne rodzaje obiektów elementarnych OP składających się na POTENCJAŁ KALKULACYJNY OP. W zaprojektowanej bazie danych, jako obiekty elementarne zidentyfikowano kalkulacyjne jednostki ogniowe OP.

Możliwości bojowe środków OP określam z formuły:

$$MO_{OPL} = \sum_{i=1}^n K_i n_{kjo_i} m_i$$

gdzie:

K_i - ogólny współczynnik dla poszczególnych obiektów elementarnych (środków OP) uwzględniający założone w scenariuszu warunki realizacji eksperymentu;

n_{kjo_i} - liczba kalkulacyjnych jednostek ogniowych (obiektów elementarnych);

m_i - liczba możliwych cykli strzelania

Ogólny współczynnik K_i wprowadza się w celu uwzględnienia uwarunkowań wprowadzonych do scenariusza eksperymentu lub zawartych w słowniku danych. Współczynnik ten jest iloczynem współczynników szczegółowych i prawdopodobieństwa rażenia celu co wyraża następująca formuła:

$$K_i = K_U K_{gb} K_t K_a K_d K_z K_m P_i$$

gdzie:

K_U - współczynnik udziału kalkulacyjnej jednostki ogniowej w odparciu uderzenia;

K_{gb} - współczynnik gotowości bojowej;

K_t - współczynnik niezawodności technicznej sprzętu;

K_a - współczynnik niezawodności systemów naprowadzania;

K_d - współczynnik efektywności kierowania ogniem;

K_z - współczynnik wpływu zakłóceń;

K_m - współczynnik wpływu manewru celu powietrznego

P_i - prawdopodobieństwo rażenia celu w cyklu strzelania

Wartości poszczególnych współczynników zależą będą od danych wprowadzonych do scenariusza eksperymentu, i będą w znacznej części rezultatem odwzorowywanych zjawisk fizycznych.

Liczba możliwych cykli strzelania przeliczonych w trakcie symulacji zależała będzie od posiadanego w danym momencie eksperymentu zapasu rakiet, amunicji i zużytych w czasie strzelania lub od czasu trwania nalotu i cyklu strzelania. Inaczej mówiąc w trakcie trwania eksperymentu liczbę oddziaływań ograniczać może zapas rakiet, amunicji lub czynnik czasu. Ograniczenie to wyraża następująca zależność:

$$m_1 = \min z \frac{c}{\gamma} \frac{T_n}{T_c};$$

gdzie:

c – stan rakiet (amunicji);

γ - liczba rakiet (amunicji) zużywanej w cyklu strzelania;

T_n – czas trwania nalotu;

T_c – czas cyklu strzelania

2.3.5. Wojska radiotechniczne i elektroniczne

Do informowania o sytuacji powietrznej powołane są wojska radiotechniczne i elektroniczne. O ile wojska radiotechniczne wyposażone w stacje radiolokacyjne przeznaczone są do wykrywania i śledzenia wszelkich obiektów powietrznych w zdecydowanej przewadze metodą radiolokacji aktywnej, o tyle jednostki rozpoznania radioelektronicznego prowadzą rozpoznanie łączności radiowej jednostek SP strony przeciwnej oraz ich pokładowych i naziemnych stacji radiolokacyjnych. Pododdziały zakłóceń radioelektronicznych realizują zakłócanie pracy pokładowych środków radiolokacyjnych i łączności ŚNP.

2.3.5.1. Zakres modelowania

Obiektem jednostkowym w wojskach radiotechnicznych są pojedyncze stacje radiolokacyjne, które charakteryzuje wiele parametrów. Głównym parametrem opisującym stację radiolokacyjną jest przestrzeń rozpoznania obiektów powietrznych. Przestrzeń ta jest inna dla każdej stacji, a jej wymiary są zmienne i zależą od wielu czynników zewnętrznych. Ostatecznie przyjąłem rozwiązanie, że przestrzeń ta będzie definiowana przez scenarzystę dla każdej stacji. Ostatecznie stacja radiolokacyjna

powinna być reprezentowana następującymi rodzajami parametrów, jak w tabeli 2.3.5.1.

Lp.	Cecha	Występuje (tak / nie)	Uwagi:
1.	Etykieta, nazwa	TAK	
2.	Etykieta, nr obiektu	TAK	
3.	Piktogram	TAK	
4.	Mobilność	TAK	
5.	Stacjonarność	TAK	
6.	Parametry sprawnościowe	TAK	
7.	Parametry odpornościowe	TAK	Dotyczy oddziaływania ogniowego
8.	Parametry związane z rozpoznaniem	TAK	
9.	Czy zawiera w sobie subobiekty?	NIE	
10.	Czy jest subobiektem	NIE	
11.	Sterowanie z poziomu koordynatora	TAK	
12.	Sterowanie z poziomu przynależności do strony „X”/”Y”	TAK	
13.	Czy skorelowany z innym obiektem	NIE	
14.	Inne		

Tabela 2.3.5.1. Rodzaje parametrów dla stacji radiolokacyjnej.

2.3.5.2. Wskaźniki opisujące

W wyniku przeprowadzonych badań przyjąłem, że podstawowym obiektem mogący samodzielnie rozpoznawać (zakłócać) będzie pojedyncza stacja radiolokacyjna (zakłócająca), charakteryzowana wskaźnikami czasowymi, przestrzennymi i potencjału bojowego. Ponadto funkcje rozpoznania (zakłócania) wspomagać można zasobnikami lotniczymi – odpowiednio rozpoznawczymi lub zakłócającymi.

Na sposób użycia **środków walki radioelektronicznej** wpływa charakter systemu obrony powietrznej, którą należy pokonać oraz rodzaj i ilość środków walki radioelektronicznej, którymi dysponujemy. Wychodząc z oceny tych czynników, można wypracować wiele różnych sposobów użycia aktywnych środków zakłóceń, jednak jeśli u podstaw ich klasyfikacji leżeć będzie wzajemne położenie nosicieli środków zakłóceń oraz zakłócanych środków radiolokacyjnych to podział ten można sprowadzić do następujących sposobów:

- prowadzenie zakłóceń ze stref patrolowania;
- prowadzenie zakłóceń z ugrupowania bojowego;
- prowadzenie zakłóceń sposobem kombinowanym.

Zakłócenia ze stref patrolowania prowadzone są za pomocą samolotów specjalnych walki radioelektronicznej z zadaniem przykrycia zakłóceniami samolotów grup uderzeniowych. Patrolowanie samolotów walki radioelektronicznej może odbywać się albo w jednej strefie mającej rozmiary 10 – 20 x 70-90 km lub w kilku graniczących ze sobą strefach o rozmiarach 15x60 km każda. Wysokość lotu samolotów walki radioelektronicznej w strefach patrolowania wynosi zwykle 8000-10000 metrów, co spowodowane jest koniecznością prowadzenia zakłóceń na dużą odległość.

Należy również mieć na uwadze fakt, że sama strefa patrolowania znajduje się w odległości 60-80 km (do 120 km) od linii styczności wojsk (granicy państwa). Obliczenia wykazują, że przy locie samolotu WRE na wysokości 10000 m głębokość strefy zakłóceń (biorąc pod uwagę nachylenie charakterystyki antenowej samolotu EF-111 równe 10-12⁰) osiąga 110 km. Bliższa granica strefy zakłóceń znajduje się w odległości 35 km, dalsza w odległości 145 km.

W przypadku obniżenia wysokości lotu samolotu walki radioelektronicznej strefa zakłóceń znacznie się zmniejsza. Zależność zasięgu zakłóceń od wysokości lotu samolotu określić z zależności:

$$R_d = \frac{H_c}{\operatorname{tg}\left(\beta - \frac{\alpha}{2}\right)} \quad R_b = \frac{H_c}{\operatorname{tg}\left(\beta - \frac{\alpha}{2}\right)}$$

Gdzie:

α - szerokość charakterystyki antenowej w elewacji;

β – nachylenie charakterystyki;

R_d – dalsza granica strefy zakłóceń;

L_z – głębokość zakłóceń;

H_c – wysokość lotu samolotu

Zasięgiem strefy wykrywania WRt (D_{WRt}) jest odległość, mierzona od linii ugrupowań pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych lub powietrznych) posterunków radiolokacyjnych do granicy strefy wykrywania obiektów powietrznych przez te środki rozpoznania radiolokacyjnego, które mają największe możliwości w tym zakresie.

Zasięg ten można określić z następującej zależności:

$$D_{WRt} = \max (D_{RLPz}, D_{RLPn}, D_{RLPp})$$

gdzie:

- D_{WRt} - zasięg strefy wykrywania wojsk radiotechnicznych;
- D_{RLPz} -zasięg strefy wykrywania naziemnych posterunków radiolokacyjnych;
- D_{RLPn} -zasięg strefy wykrywania nawodnych posterunków radiolokacyjnych;
- D_{RLPp} -zasięg strefy wykrywania powietrznych posterunków radiolokacyjnych.

Zasięg strefy wykrywania naziemnego (nawodnego, powietrznego) posterunku radiolokacyjnego jest to odległość, określona od miejsca rozwinięcia tego posterunku (środką strefy dyżurowania posterunku powietrznego) do granicy strefy wykrywania obiektów powietrznych przez stację radiolokacyjną posterunku, która ma największe możliwości w tym zakresie.

Zasięg ten określa się z zależności:

$$D_{RLP} = \max (D_{O1...D_{On}}; D_{T1...D_{Tn}})$$

gdzie: D_{RLP} - zasięg wykrywania posterunku radiolokacyjnego;

$D_{O1...D_{On}}$ -zasięg wykrywania n-tego odległościomierza radiolokacyjnego;

$D_{T1...D_{Tn}}$ -zasięg wykrywania n- tej trójwspółrzędnej stacji radiolokacyjnej.

Zasięgiem wykrywania stacji radiolokacyjnej nazywamy maksymalną odległość, mierzoną od miejsca rozwinięcia tej stacji do granicy jej strefy wykrywania obiektów powietrznych. Zasięg ten zależy od parametrów technicznych stacji radiolokacyjnej, tłumienia w atmosferze fal elektromagnetycznych wypromieniowanych przez tę stację, krzywizny ziemi i ukształtowania jej powierzchni w rejonie rozwinięcia stacji.

Zasadniczym problemem utrudniającym rozpoznanie obiektów powietrznych lecących na małych wysokościach jest mały zasięg ich wykrywania. Jedną z głównych przyczyn tego stanu rzeczy jest kulistość powierzchni ziemi. Zasięg ten przy uwzględnieniu troposfery standardowej⁵⁸ oraz dodatniej refrakcji fal radiowych⁵⁹, równa się zasięgowi horyzontu radiowego.

Określić go można z zależności:

$$D_{hr} = 4,12 (\sqrt{h_a} + \sqrt{H_c})$$

gdzie: D_{hr} - zasięg horyzontu radiowego;

h_a - wysokość zawieszenia anteny stacji radiolokacyjnej;

⁵⁸ Troposfera standardowa spełnia następujące warunki: ciśnienie nad powierzchnią ziemi $p=1015$ mb, względna wilgotność $\varepsilon=70\%$, względna przenikalność dielektryczna $\gamma=1,000676$, temperatura $T=18^\circ\text{C}$ i maleje w funkcji z gradientem $0,0065^0/\text{m}$.

⁵⁹ Refrakcja dodatnia - tor fali elektromagnetycznej jest odchylany w kierunku powierzchni ziemi, powoduje to zwiększenie zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej

H_c - wysokość lotu obiektu powietrznego;

4,12 - współczynnik uwzględniający krzywiznę ziemi (przelicznik metrów na kilometry) - nad morzem przyjmuje wartość 5.

Przy określaniu zasięgu wykrywania stacji radiolokacyjnej na małych wysokościach, należy uwzględnić współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego (K_h), który zależy od parametrów technicznych stacji i określa wielkość całkowitego tłumienia energii elektromagnetycznej na drodze jej rozchodzenia się. W zależności od typu i parametrów technicznych stacji, współczynnik K_h przyjmuje różne wartości, w przedziale od 0 do 1.

Zasięg wykrywania obiektów nisko lecących przy uwzględnieniu tego współczynnika można obliczyć z zależności:

$$D_{hr} = 4,12 K_h (\sqrt{ha} + \sqrt{Hc})$$

gdzie: K_h - współczynnik wykorzystania horyzontu radiowego.

Znaczący wpływ na zasięg wykrywania nisko lecących obiektów powietrznych przez stację radiolokacyjną ma tłumienie jej strefy wykrywania przez przeszkody terenowe. Tłumienie to, przy wyznaczaniu zasięgu stacji radiolokacyjnej, jest wyrażone współczynnikiem kąta zakrycia pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej, którego wartość zależy od wysokości przeszkody terenowej i jej odległości od stacji.

Zasięg wykrywania z uwzględnieniem współczynnika kąta zakrycia można określić z zależności:

$$D_{RLS} = 4,12 K_h K_\alpha (\sqrt{ha} + \sqrt{Hc})$$

gdzie: K_α - współczynnik kąta zakrycia pozycji rozwinięcia stacji radiolokacyjnej, który jest określany z zależności:

$$K_\alpha = \sqrt{1 + \frac{Rz}{2Hc}} \sin^2 \alpha - \sin \alpha \sqrt{\frac{Rz}{2Hc}}$$

gdzie: R_z - ekwiwalentny promień ziemi dla standardowej troposfery (8500 km);

α - kąt zakrycia pozycji RLS, w stopniach, określany z zależności:

$$\alpha = \frac{(h_p - h_{RLS} - h_z)}{d_p} 57,33$$

gdzie: h_p - wysokość przeszkody terenowej;

h_{RLS} - wysokość zawieszenia anteny RLS;

d_p - odległość od RLS do przeszkody terenowej (w metrach);

h_z - poprawka wysokości związana z krzywizną ziemi (w metrach), którą określamy z zależności:

$$h_z = \frac{d_p^2}{R_z}$$

gdzie: d_p - odległość pozioma od stacji do przeszkody.

Posterunki rozpoznania radiolokacyjnego, rozmieszczone na Ziemi można rozlokować w ugrupowaniu tworzącym linię, trójkąt lub kwadrat. Do dalszych rozważań przyjęto ugrupowanie tworzące trójkąt, ponieważ jest ugrupowaniem racjonalnym. Oznacza to, że taką samą liczbą posterunków rozpoznania radiolokacyjnego, grupując je w trójkąt, można utworzyć największą strefę wykrywania o wymaganej ciągłej wysokości dolnej granicy tej strefy. Odległości pomiędzy posterunkami określono z poniższych zależności:

w ugrupowaniu tworzącym linię:

$$D = (0,86 + 1) D_w$$

w ugrupowaniu tworzącym kwadrat:

$$D = \sqrt{2} D_w$$

w ugrupowaniu tworzącym trójkąt;

$$D = \sqrt{3} D_w$$

gdzie:

D – odległość między naziemnymi posterunkami radiolokacyjnymi;

D_w – zasięg wykrywania stacji radiolokacyjnej.

Powierzchnia poziomego przekroju strefy wykrywania posterunku radiolokacyjnego, w ugrupowaniu tworzącym trójkąt wynosi:

$$S_{PWW} = S - 6 \times S_i$$

gdzie: S - powierzchnia całkowita poziomego przekroju strefy wykrywania na określonej wysokości jest równa:

$$S = \pi D_w^2$$

S_i – powierzchnia odcinka kołowego

$$S_i = 0,5D_w^2 \left(\frac{\pi\alpha}{180} - \sin \alpha \right)$$

gdzie: α - miara stopniowa kąta środkowego ($\alpha = 60^\circ$)

Podstawiając odpowiednie wartości otrzymamy:

$$S_{PWW} = \pi D_w^2 - 3D_w^2 \left(\frac{1}{3}\pi - \sin 60^\circ \right) \approx 2,6D_w^2$$

Strefa rozpoznania radiolokacyjnego wojsk radiotechnicznych jest to część ich strefy wykrywania, w granicach której istnieje możliwość ciągłego śledzenia wykrytych obiektów powietrznych, określania ich charakterystyki za pomocą stacji radiolokacyjnych i urządzeń rozpoznawczo - zapytujących typu „swój-obcy”, z założoną wiarygodnością i dokładnością.

Zasięg strefy rozpoznania radiolokacyjnego

Zasięg strefy rozpoznania D_{Rozp} jest to odległość, wyznaczona od linii ugrupowania pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych, powietrznych) posterunków radiolokacyjnych wojsk radiotechnicznych do granicy strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez środki rozpoznania radiolokacyjnego tych posterunków, które mają największe możliwości w tym zakresie.

Zasięg ten określamy z zależności:

$$D_{RozpWRt} = \max (D_{RLPz}; D_{RLPn}; D_{RLPp}) \text{ dla } H = \text{constans}$$

gdzie:

$D_{RozpWRt}$ - zasięg strefy rozpoznania wojsk radiotechnicznych;

D_{RLPz} -zasięg strefy rozpoznania naziemnych posterunków radiolokacyjnych;

D_{RLPn} -zasięg strefy rozpoznania nawodnych posterunków radiolokacyjnych;

D_{RLPp} -zasięg strefy rozpoznania powietrznych posterunków radiolokacyjnych.

Strefa rozpoznania naziemnego (nawodnego, powietrznego) posterunku radiolokacyjnego jest to przestrzeń, w granicach której stacje radiolokacyjne i urządzenia rozpoznawczo - zapytujące tego posterunku mogą rozpoznawać wykryte obiekty powietrzne.

Strefa ta jest tworzona przez przenikające się strefy wykrywania stacji radiolokacyjnych (trójwspółrzędne, odległościomierze, wysokościomierze) i strefy urządzeń rozpoznawczo - zapytujących, określających przynależność państwową wykrytych obiektów

Zasięg strefy rozpoznania naziemnego (nawodnego, powietrznego) posterunku radiolokacyjnego D_{Rozp} jest to odległość, określana od miejsca rozwinięcia środków radiolokacyjnych posterunku do granicy strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez stacje radiolokacyjne i urządzenia zapytujące tego posterunku.

Zasięg ten określamy z zależności:

$$D_{RozpRI.P} = (D_{odl}; D_{wys}; D_{IFF}) \text{ dla } H = \text{constans}$$

gdzie:

D_{Rozp} - zasięg strefy rozpoznania posterunku radiolokacyjnego;

D_{odl} -zasięg strefy wykrywania odległościomierza;

D_{wys} -zasięg strefy wykrywania wysokościomierza;

D_{IFF} -zasięg strefy wykrywania urządzenia IFF.

Wpływ zakłóceń szumowych na możliwości rozpoznania radiolokacyjnego określa się współczynnikiem ściśnięcia strefy rozpoznania.

Współczynnik ściśnięcia strefy rozpoznania wyraża stosunek poziomego (pionowego) przekroju ściśniętej strefy rozpoznania radiolokacyjnego do poziomego (pionowego) przekroju tej strefy, określonej dla swobodnej przestrzeni - bez oddziaływania zakłóceń szumowych na stacje radiolokacyjne.

Współczynnik ściśnięcia strefy (K_{ξ}) można określić z zależności:

$$K_{\xi} = \frac{S_z}{S}; \text{ dla } H = \text{constans}$$

gdzie:

S_z -pole ściśniętej powierzchni poziomego przekroju strefy rozpoznania radiolokacyjnego, dla założonej wysokości;

S -pole powierzchni poziomego przekroju strefy rozpoznania radiolokacyjnego, dla założonej wysokości.

Miarą efektywności stosowania zakłóceń szumowych przeciw pojedynczej stacji radiolokacyjnej może być zmniejszenie jej zasięgu wskutek działania tych zakłóceń, wyrażony stosunkiem zasięgu stacji w warunkach zakłóceń do zasięgu tej stacji w swobodnej przestrzeni.

Współczynnik zmniejszenia zasięgu stacji w warunkach zakłóceń zwany współczynnikiem ściśnięcia można określić z zależności:

$$K_{\xi} = \frac{D_z}{D_{SRL}}$$

gdzie:

D_z - zasięg wykrywania stacji w warunkach zakłóceń

D_{SRL} - zasięg wykrywania stacji w swobodnej przestrzeni⁶⁰.

Wartość współczynnika ściśnięcia strefy wykrywania stacji radiolokacyjnej zależy od parametrów technicznych stacji, typu charakterystyki promieniowania anteny stacji i poziomu jej listków bocznych, gęstości widmowej mocy zakłóceń i stopnia pokrywania się ich widma z pasmem zakłócanego odbiornika stacji oraz odległości źródła zakłóceń od zakłócanej stacji.

System dowodzenia i wykonawczy (aktywnych środków walki OP), jako główni odbiorcy informacji o sytuacji powietrznej, stawiają wojskom radiotechnicznym określone wymagania co do jakości informacji, ponieważ jakość informacji ma zasadniczy wpływ na efektywność dowodzenia wojskami SP i skuteczną walkę ze ŚNP przeciwnika. Wojska radiotechniczne powinny dostarczać do stanowisk dowodzenia SP i oddziałów (pododdziałów) aktywnych środków walki informacje, które pozwolą im odpowiednio przygotować się, aby skutecznie prowadzić walkę ze środkami napadu powietrznego przeciwnika. Jakością informacji nazywamy cechę informacji wyrażającą stopień spełnienia wymagań stawianych przez użytkownika (system dowodzenia i wykonawczy), dotyczącą:

- terminowości informacji, czyli cechy określającej fakt otrzymania przez użytkownika informacji w pożądanym czasie z wymaganym wyprzedzeniem;
- terminowość informacji powinna umożliwić:
- doprowadzenie wojsk w systemie obrony powietrznej do pełnej gotowości bojowej w celu prowadzenia oczekiwanych działań bojowych;
- określenie kierunku głównego wysiłku i utworzenie niezbędnego stosunku sił na kierunkach, rubieżach i względem celów powietrznych przez racjonalny podział zadań dla jednostek wojsk raketowych, lotnictwa myśliwskiego i

⁶⁰ Swobodna przestrzeń - ośrodek jednorodny, nietłumiący fale elektromagnetyczne. K.KOKOT Podstawy radiolokacji WAT W-wa 1968.

pododdziałów zakłóceń (wybranie jednego z wariantów działań lub częściowe doprecyzowanie wcześniej powziętych decyzji).

Rozpatrując zagadnienie „terminowość informacji dostarczaną przez wojska radiotechniczne”, mamy do czynienia z informacją dowodzenia (uprzedzającą), obejmującą informacje o obiektach powietrznych w przestrzeni, na dalekich podejściach do granic rejonu obrony.

W związku z powyższym, wymagania w zakresie terminowości informacji sprowadzają się do określenia wymiarów przestrzennych strefy informacji radiolokacyjnej.

Aby uznać, że informacja o sytuacji powietrznej jest terminowa (uprzedzająca), winien zaistnieć warunek:

$$T_D \leq T_R$$

gdzie:

T_D – czas, jakim dysponuje system OP na zorganizowanie i podjęcie walki ze ŚNP;

T_R – czas reakcji systemu aktywnych środków walki OP.

Wielkości liczbowe czasu jakim dysponuje system aktywnych środków walki w zależności od zasięgu wykrywania, prędkości i wysokości lotu obiektu powietrznego oraz odległości do rubieży postawienia zadania (posterunek znajduje się przed rubieżą) określić ze wzoru:

$$T_D = \frac{D_w \pm d_{pZ}}{V_c}$$

gdzie: D_w - zasięg wykrycia obiektów powietrznych przez posterunek radiolokacyjny na wysokości prawdopodobnego nalotu ŚNP;

d_{pZ} – odległość od pozycji posterunku radiolokacyjnego do rubieży postawienia zadań aktywnym środkom walki $R_{pZWR, LM}$;

$$R_{pZWR} = D_d + V_c(t_{got} + t_{lr})$$

$$R_{pzLM} = PRWW + V_c(t_{got} + t_{dol})$$

D_d – dalsza (D_b - bliższa) granica strefy ognia pododdziałów WR;

PRWW – potrzebna rubież wprowadzenia do walki samolotów LM;

t_{got} – czas gotowości pododdziałów aktywnych środków walki;

t_{dol} – czas dolotu samolotów myśliwskich do PRWW;

t_{lr} – czas lotu rakiety do D_d (D_b);

V_c – prędkość lotu obiektu powietrznego;

Natomiast czas reakcji T_R systemu wykonawczego zależy od czasu opóźnienia informacji w systemie rozpoznania radiolokacyjnego (t_{opr}), w systemie dowodzenia (t_{pd}) i w systemie wykonawczym ($t_{a\acute{s}w}$), określić ze wzoru:

$$T_R = t_{opr} + t_{pd} + t_{a\acute{s}w}$$

Podstawiając odpowiednie zależności ostatecznie otrzymamy:

$$\frac{D_w \pm d_{pz}}{V_c} \quad t_{opr} + t_{pd} + t_{a\acute{s}w}$$

staąd, wymagana rubież informacji uprzedzającej z systemu rozpoznania radiolokacyjnego powiadamiania wynosi:

$$D_w - V_c (t_{opr} + t_{pd} + t_{a\acute{s}w}) \pm d_{pz}$$

Wymagania stawiane wojskom radiotechnicznym zależą, między innymi od możliwości przestrzenno- czasowych zestawów raketowych w czasie walki, ze środkami napadu powietrznego przeciwnika. Dlatego dla każdego przeciwlotniczego zestawu raketowego wielkością charakteryzującą wymagania w zakresie terminowości informacji, jest czas osiągnięcia gotowości do działań i wymiary strefy startu rakiet.

Terminowość informacji powinna zagwarantować dokonanie oceny sytuacji powietrznej, postawienie pododdziałów raketowych w wyższe stopnie gotowości bojowej, dokonanie podziału celów powietrznych i postawienie zadań do ich zwalczania.

Terminowość informacji dla pododdziałów raketowych wyrażana jest wartością liczbową, odległości do potrzebnej rubieży informacji o ŚNP ($D_{PRI\acute{S}NPWR}$) określanej na podstawie wzoru:

$$D_{\text{PRIŚNPWR}} = D_{\text{ds}} + V_c T_{\text{RWR}}$$

gdzie:

D_{ds} - odległość do dalszej granicy strefy startu rakiet [km];

V_c - prędkość lotu obiektu powietrznego [km/min];

$T_{\text{RWR}} = (t_{\text{op}} + t_{\text{pd}} + t_{\text{got}})$ - potrzebny czas reakcji podczas cyklu dowodzenia pododdziałami raketowymi;

t_{op} - czas opóźnienia przekazywanej informacji radiolokacyjnej [min];

t_{pd} - czas potrzebny na powzięcie decyzji [min];

t_{got} - czas potrzebny na start rakiet z określonego stopnia gotowości bojowej [min].

Przyjmując, że:

$$D_{\text{ds}} = D_d + V_c (t_{\text{lr}} + t_{\text{st}})$$

gdzie: D_d - odległość do dalszej granicy strefy ognia [km];

t_{lr} - czas lotu rakiety [min];

t_{st} - czas opóźnienia startu rakiety; $t_{\text{st}} = 2\text{sek.}$ (można pominąć);

Ostatecznie zależność przyjmie postać:

$$D_{\text{PRIŚNPWR}} = D_d + V_c (t_{\text{op}} + t_{\text{pd}} + t_{\text{got}} + t_{\text{lr}})$$

Możliwości informacyjne WRt

Możliwości WRt w zakresie terminowości informacji o działaniach przeciwnika powietrznego, charakteryzowane są głównie wskaźnikami przestrzennymi lub czasowymi. Zatem, możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie terminowości dostarczenia uprzedzającej informacji o działalności przeciwnika powietrznego, należy charakteryzować wskaźnikiem czasowym, nazywanym możliwym czasem dostarczenia informacji dowodzenia, zaś możliwości co do terminowości informacji bojowej należy określać wskaźnikiem przestrzennym, zwanym odległością możliwej rubieży informacji bojowej.

Czas uprzedzenia o działalności przeciwnika powietrznego (możliwy czas dostarczenia informacji dowodzenia - T_{MID} przez wojska radiotechniczne można określić z zależności:

$$T_{\text{MID}} = \frac{D_w \pm d_{\text{pz}}}{V_c} - (t_{\text{ido}} + t_{\text{pd}})$$

gdzie: D_w - zasięg strefy wykrywania wojsk radiotechnicznych;

V_c - prędkość lotu celu powietrznego;

d_{pz} - odległość od linii ugrupowania wojsk radiotechnicznych do rubieży postawienia zadań bojowych podległym pododdziałom, oddziałom (ZT);

t_{ido} - czas opracowania danych o wykrytych obiektach i dostarczenia o nich informacji użytkownikom;

t_{pd} - czas wypracowania decyzji co do sposobu użycia pododdziałów, oddziałów (ZT) obrony powietrznej w walce ze ŚNP przeciwnika.

Odległość możliwej rubieży informacji radiolokacyjnej dla wojsk raketowych

(D_{MRIRWR}) określić z zależności:

$$D_{MRIRWR} = (D_R \pm d_{DGSS}) - V_c(t_{ido} + t_{ws} + t_w)$$

gdzie:

D_R - zasięg strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez wojska radiotechniczne;

d_{DGSS} - odległość od linii ugrupowania pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych) posterunków radiolokacyjnych do dalszej granicy strefy startu raket dywizjonów (baterii);

V_c - prędkość lotu celu powietrznego;

t_{ido} - czas opracowania danych o wykrytych obiektach i dostarczenia o nich informacji decydom pododdziałów, oddziałów (ZT) wojsk raketowych;

t_{ws} - czas wskazania celu powietrznego pododdziałom, oddziałom (ZT) wojsk raketowych;

t_w - czas wykrycia celów powietrznych przez stację naprowadzania raket.

Odległość możliwej rubieży informacji radiolokacyjnej dla lotnictwa

myśliwskiego (D_{MRIRLM}) określa się z następującej zależności:

$$D_{MRIRLM} = (D_R \pm d_{PRWW}) - V_c(t_{ido} + t_{ws} + t_n)$$

Gdzie:

D_R - zasięg strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez wojska radiotechniczne;

d_{PRWW} - odległość od linii ugrupowania pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych) posterunków radiolokacyjnych do potrzebnej rubieży wprowadzenia sił lotnictwa myśliwskiego do walki;

V_c - prędkość lotu celu powietrznego;

t_{ido} - czas opracowania danych o wykrytych obiektach i dostarczenia o nich informacji decydom oddziałów lotnictwa myśliwskiego;

t_{ws} - czas wskazania celu powietrznego oddziałom lotnictwa myśliwskiego;

t_n - czas realizacji bezpośredniego naprowadzania załóg lotnictwa myśliwskiego na wskazane cele powietrzne.

Odległość możliwej rubieży informacji radiolokacyjnej dla pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych ($D_{MRIRZRe}$) określić z następującej zależności:

$$D_{MRIRZRe} = (D_R \pm d_{GSZRe}) - V_c(t_{ido} + t_{ws} + t_w)$$

gdzie:

D_R - zasięg strefy rozpoznania obiektów powietrznych przez wojska radiotechniczne;

d_{DGSS} - odległość od linii ugrupowania pierwszorzutowych naziemnych (nawodnych) posterunków radiolokacyjnych do granicy strefy zakłóceń radioelektronicznych pododdziałów ZRe;

V_c - prędkość lotu celu powietrznego;

t_{ido} - czas opracowania danych o wykrytych obiektach i dostarczenia o nich informacji decydom pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych;

t_{ws} - czas wskazania celu powietrznego pododdziałom ZRe;

t_w - czas rozpoznania promieniowania elektromagnetycznego pokładowych urządzeń wskazanych celów powietrznych przez stację rozpoznania pododdziałów zakłóceń radioelektronicznych.

Porównując wartości potrzebnych i możliwych czasów dostarczania użytkownikom informacji dowodzenia oraz odległości potrzebnych i możliwych rubieży informacji radiolokacyjnej dla poszczególnych pododdziałów, oddziałów (ZT) wojsk raketowych, lotnictwa myśliwskiego i zakłóceń radioelektronicznych, można ocenić czy wojska radiotechniczne spełnią wymagania zabezpieczanych pododdziałów,

oddziałów (ZT) obrony powietrznej w zakresie terminowości informacji o działaniach przeciwnika powietrznego.

Wyznacznikiem charakteryzującym możliwości wojsk radiotechnicznych w zakresie terminowości informacji o obiektach powietrznych jest zasięg ich strefy wykrywania i rozpoznania radiolokacyjnego.

2.3.6. Obiekty uderzeń

Obiektami bronionymi przez OP, a jednocześnie atakowanymi przez ŚNP, mogą być wszystkie obiekty mające jakiegokolwiek znaczenie militarne. Do obiektów szczególnie narażonych na ataki lotnicze (a więc wymagające szczególnej OP) zalicza się:

- lotniska wraz z ich infrastrukturą (przede wszystkim drogi startowe i kołowania);
- samoloty na ziemi (na lotniskach lub lądowiskach);
- środki OPL;
- stanowiska dowodzenia;
- stanowiska startowe pocisków „ziemia - powietrze”;
- punkty (bazy) logistyczne i warsztaty naprawcze sił powietrznych;
- mosty, przeprawy;
- wojska lądowe w marszu, w rejonach ześrodkowania i w walce;
- aglomeracje;
- węzły komunikacyjne;
- inne ważne obiekty.

Pod pojęciem obiektu działań (uderzenia) lotnictwa należy rozumieć siłę żywą, całość techniki bojowej, oraz ich organizacyjne i funkcjonalne związki, mające znaczenie wojskowe, rozlokowane na określonej płaszczyźnie, na którą może być wykonywane uderzenie lotnictwa.

Pod pojęciem obliczeniowego obiektu działań (uderzeń) lotnictwa należy rozumieć najmniejsze pododdziały wojsk lub grupy techniki bojowej, wyróżniające się związkami organizacyjno-funkcjonalnymi, mające znaczenie taktyczne (bojowe), do rażenia, których dobiera się odpowiednie warianty LŚR, sposoby i warunki ich zastosowania, określa potrzebną liczbę samolotów i LŚR lub określa oczekiwane wyniki uderzeń lotnictwa.

Na przykład, lotnisko jako obiekt uderzenia składa się z następujących oddzielnych obiektów obliczeniowych:

- samoloty na stoiskach,
- droga startowa,
- składy uzbrojenia,
- składy paliwa, oleju itp.

Wszystkie obiekty obliczeniowe uderzeń lotnictwa można sklasyfikować według:

- ważności taktycznej — na szczególnie ważne, ważne i mało ważne;
- przeznaczenia i właściwości wykonywanych przez nie zadań — na środki raketowo-jądrowe, obiekty lotnicze, wojsko i technikę wojsk lądowych, obiekty obrony przeciwlotniczej, SD, przeprawy, obiekty komunikacyjne itp.;
- składu, struktury organizacyjnej i współdziałania między elementami na obiekty: pojedyncze, grupowe jednorodne i niejednorodne oraz złożone;
- stopnia mobilności — na stacjonarne, ruchome na postoju lub w ruchu (mobilne);
- wymiarów — na małe, liniowe i powierzchniowe;
- stopnia rozpoznania obiektu i jego elementów — na rozpoznane i nie w pełni rozpoznane.

Obiektem pojedynczym nazywamy oddzielnie rozmieszczone obiekty techniki bojowej lub budowle wojskowe, które mogą samodzielnie wykonywać zadania bojowe lub służyć celom wojskowym, na przykład — wyrzutnia pocisków raketowych, okręt, most itp.

Obiektem grupowym nazywamy obiekt składający się z wielu elementów rozmieszczonych w ograniczonym rejonie (akwenie) funkcjonujących wspólnie i wykonujących wspólnie zadanie. Najmniejsze składowe obiektu grupowego nazywamy celami elementarnymi.

Jednorodny obiekt grupowy składa się z jednakowych celów elementarnych (na przykład, jednego typu samoloty na stoisku, kolumna jednego typu czołgów lub bojowych wozów piechoty).

Jednorodne obiekty grupowe o niewiadomej lub bardzo dużej liczbie celów elementarnych lotnictwo zwalcza, wykonując uderzenie na całą powierzchnię obiektu. Taki obiekt nazywamy obiektem powierzchniowym.

Miarą oceny wyników działań lotnictwa na jednorodny obiekt grupowy jest rażenie w określonym stopniu (A, B, C) części celów elementarnych, wchodzących w jego skład.

Niejednorodny obiekt grupowy składa się z różnych pod względem właściwości celów elementarnych. Zwykle nie można wydzielić spośród nich jednego celu elementarnego, decydującego o funkcjonowaniu całego obiektu (na przykład, plutonowy punkt oporu).

Miarą rażenia grupowego obiektu niejednorodnego (czołgi, sprzęt samochodowy itp.), którego elementarne cele różnych typów rozmieszczone są na płaszczyźnie statystycznie równomiernie, jest część płaszczyzny obiektu rażona w określonym stopniu. Obiekt taki jest także **obiektem powierzchniowym**.

Raźoną płaszczyzną obiektu jest ta jego część, na której uzyskano odpowiedni stopień zniszczenia celów elementarnych lub tę część, na której byłyby one zniszczone, gdyby się tam znajdowały.

Obiekt złożony składa się z kilku celów elementarnych związanych ze sobą wiązkami funkcjonalno-technologicznymi (na przykład, pluton ogniowy przeciwlotniczych pocisków raketowych) oraz ma--przynajmniej 1—2 cele elementarne, które wzajemnie wpływają na funkcjonowanie całego obiektu (na przykład, SRL opromieniowania celów ze składu plutonu ogniowego przeciwlotniczych pocisków raketowych).

Za nie w pełni rozpoznany uważa się obiekt grupowy, którego wymiary i rozmieszczenie są ogólnie wiadome, ale oddzielne jego elementy nie zostały wykryte i zidentyfikowane (na przykład, gdy cele elementarne są zamaskowane).

Podczas działań lotnictwa na obiekty nie w pełni rozpoznane, grupowe lub złożone, konieczne jest rażenie nie mniej niż określonej {nakazanej} części celów elementarnych ze składu obiektu lub nie mniejszej od nakazanej części powierzchni obiektu, jednak uzyskane rażenie obiektu nie musi dotyczyć koniecznie podanych wcześniej części płaszczyzny.

Celem jest obiekt lub jego część, na który przewiduje się wykonanie ataku przez pojedynczy samolot lub grupę samolotów. W związku z tym określa się cele dla grupy samolotów i cele dla pojedynczych samolotów grupy.

Obiekt pojedynczy, to cel elementarny wyznaczony do rażenia (ataku).

Cel elementarny to oddzielny obiekt wchodzący w skład obiektu grupowego lub powierzchniowego.

2.3.6.1. Zakres modelowania

W pracy dokonano dekompozycji obiektów o dużym stopniu złożoności na mniejsze części składowe, subobiekty. Ponieważ bardzo istotnym problemem z punktu widzenia reprezentatywności modelu jest zapewnienie mechanizmu sterowania zasobami (obiektami dysponowanymi przez strony gry). Obiekt o dużym stopniu złożoności jakim jest lotnisko został zdekomponowany na kilka subobiektów:

- obrona przeciwlotnicza (OPL);
- pas startowy;
- magazyny paliw i smarów (MPS);
- samoloty w miejscach postoju;
- potencjał ludzki.

W wyniku przeanalizowania dokumentacji ćwiczeń realizowanych w naszych siłach zbrojnych (w szczególności: ORZEŁ, ORLI SZPON, BIZON) doszedłem do wniosku, że: piloci atakujący lotnisko otrzymują zawsze konkretnie zadanie niszczenia konkretnego subkomponentu lotniska np.: pasu startowego, składów uzbrojenia czy MPS. Zatem modelowanie ataku na lotnisko wymaga odpowiedzi na szereg pytań, przede wszystkim:

- na które subkomponenty ma być /został wykonany atak;
- jaki jest stan początkowy danego obiektu (subobiektu);
- jaka jest odporność danego obiektu na działanie destrukcyjne;
- jaki jest stan zniszczenia danego subkomponentu;
- jaki jest poziom zniszczenia.

Poziom zniszczenia (obezwładnienia) każdego subobiektu nie może być podawany w postaci ogólnej, np. w postaci wartości procentowej. Dla decydenta ważny jest czas na jaki dany subobiekt został wyłączony z działań. Właśnie parametry wyłączenia: pasa startowego, możliwości tankowania i uzbrojenia, podane w konkretnym wymiarze czasowym charakteryzować powinny skutki oddziaływania ŚNP na lotnisko.

Innym bardzo istotnym parametrem opisującym oddziaływanie lotnictwa na atakowane obiekty jest pewność wykonania zadania. Często parametr ten podawany jest

w procentach. W procedurach NATO⁶¹ parametr ten jest wiązany przede wszystkim z liczbą samolotów przeznaczonych do niszczenia danego obiektu. Ale w praktyce dowodzenia parametr ten jest zbyt ogólny, by mógł być wykorzystany do modelowania oddziaływania lotnictwa na konkretne obiekty.

Oddziaływanie lotnictwa na atakowane obiekty można również mierzyć prawdopodobieństwem pewności wykonania zadania, które jest wyjątkowo trudno szacowalne. Samolot, by wykonać zadanie musi najpierw dolecieć nad obiekt (osiągnąć rubież wykonania zadania), który ma razić. Współczesne uzbrojenie samolotu (o wyjątkowo dużej precyzji i wyjątkowo dużej sile rażenia) wymusza dużą precyzję szacowania prawdopodobieństwa wykonania zadania. Prawdopodobieństwo wykonania zadania nie jest prostą pochodną liczby samolotów skojarzonych z celem. Wydaje się, iż skuteczność (a w konsekwencji prawdopodobieństwo wykonania zadania) rażenia wybranego (wybranych subobiektów) jest pochodną przede wszystkim rodzaju i wielkości ładunku (środka rażenia), który został użyty, zastosowanej taktyki walki oraz odporności tego obiektu na rażące działanie stosowanych środków.

W tym miejscu nasuwa się szereg problemów przed którymi stanąłem na tym etapie prac badawczych:

- jak uchwycić (odnotowywać, uwzględniać) uszkodzenie obiektu złożonego, który po jakimś czasie odnowi swoje zasoby?
- jaki mechanizm powinien określać wybór rażonego subobiektu ?
- na jaki czas została zakłócona podstawowa funkcja rażonego subobiektu?
- jakie relacje występują między subobiektami, będącymi podzbiorami tego samego obiektu?

Podsumowując ten wątek doszedłem do wniosku, że skuteczność rażenia wybranego subobiektu jest funkcją liczby użytych samolotów, użytych środków rażenia, zastosowanej taktyki oraz odporności tego obiektu na oddziaływanie lotnictwa. Na polu walki mogą zaistnieć takie sytuacje, gdzie jeden samolot, z lepszym uzbrojeniem, będzie działał z efektem większej skuteczności atakując wybrany obiekt (subobiekt). Dla przykładu: przy środkach kasetowych minowania narzutowego wystarczy jeden samolot do udanego zaminowania drogi startowej (pasa startowego). Po takim udanym ataku droga startowa wyłączona może być nawet na minimum 72 godziny, a w konsekwencji całe lotnisko. Od tego momentu z tego lotniska nie wystartuje ani nie wylądaje na nim żaden samolot, praktycznie rażenie w tym czasie

⁶¹ Spytek, Odtwarzanie gotowości bojowej samolotu, AON, Warszawa 1997.

innych subobiektów jest niecelowe. Ale konsekwencje tego rażenia są pochodną przede wszystkim jakości i ilości użytych środków rażenia. Gdyby dany samolot zrzucił bomby konwencjonalne (np. 500kg – 6 sztuk) celnie (optymalnie, na środek drogi startowej) to lotnisko zostanie unieruchomione – ani nie wystartuje ani nie wyląduje samolot przez czas jaki będzie potrzebny do usunięcia spowodowanych uszkodzeń (skutków ataku, lei). Dekompozycja obiektu złożonego jakim jest lotnisko na kilka subobiektów nie była zabiegiem przypadkowym. Wyniknęła ona przede wszystkim z wywiadów i analiz literatury, która te zagadnienia dość szczegółowo opisuje.

Innym niezwykle istotnym problemem jest modelowanie pokonania OP przez lotnictwo. Literatura przedmiotu przedstawia najczęściej dwa sposoby pokonania OP: tzw. bierne i aktywne pokonanie. Bierne pokonanie polega na „zaskoczeniu” OP poprzez niekonwencjonalne uderzenie co do kierunku, sposobu lub użytych środków. Pokonanie aktywne polega na oddziaływaniu wydzielonej grupy samolotów do obehwładnienia systemu OP. Zastosowanie nowych środków walki, o dużym zasięgu i znacznej precyzji rażenia powoduje możliwość odejścia od tych klasycznych podziałów.

Rozwiązując kolejno przedstawione problemy natknąłem się na bardzo istotny w moim przekonaniu problem wynikły z analizy następującej sytuacji: na lotnisku ląduje 20 samolotów; samoloty te po wykonaniu zadania potrzebują określonego czasu na odtworzenie gotowości bojowej. Czas ten jest funkcją zależną (przede wszystkim) od: typu samolotu i wariantu uzbrojenia. W wyniku uderzeń ŚNP na to lotnisko następuje jego częściowe uszkodzenie. Przejście tego lotniska (macierz przejść), w kontekście osiągania odpowiedniego stanu gotowości bojowej, do następnego stanu wymaga spełnienia określonych warunków w każdym z tych punktów węzłowych. Opisuje to z punktu widzenia mechanizmów matematycznych proces Markowa. Poszczególne węzły są niezależne (względem poprzednich i następnych).

Zatem funkcjonowanie lotniska jest związane między innymi z możliwością osiągania i odtwarzania stanów gotowości bojowej. Należy zatem każdorazowo zdefiniować dla każdego lotniska jego stan wyjściowy w zakresie:

- czy jest ono na kierunku głównego uderzenia;
- stan zasobów ludzkich;
- liczbę samolotów na lotnisku;
- rodzaje samolotów na lotnisku.

Przyjmując, iż odtworzenie gotowości bojowej statku powietrznego jest tożsame z przygotowaniem go do powtórnego wylotu⁶², można wyróżnić etapy cyklu realizacji zadania przez dany statek powietrzny. W efekcie czego otrzymuje się histogram:

- start samolotu;
- przelot do granicy obrony powietrznej;
- pokonanie OP przeciwnika;
- oddziaływanie przeciwnika (np.: utrata samolotu, awarie techniczne);
- uderzenie na obiekt;
- powrót do bazy;
- odtwarzanie gotowości bojowej (wynikiem odtwarzania gotowości bojowej jest narastanie stanu nr 1, czyli osiągnięcie gotowości do wylotu na kolejne zadanie); przy czym rozpatrywany zbiór statków powietrznych powinien być pomniejszony o straty (bezpowrotne jak i te odwracalne).
- postawienie nowych zadań lub odpoczynek personelu latającego;
- po odtworzeniu gotowości bojowej możliwość realizacji kolejnych zadań;
- powtórny start do wykonania kolejnego zadania.

Następujące po sobie etapy zdefiniowanego cyklu porządkują rozpatrywanie zjawiska nalotu w funkcji czasu. Zapewniają ponadto rodzaj funkcji boolowskiej, gdzie jednoznacznie można stwierdzić czy dany statek powietrzny (statki powietrzne) mogą być wykorzystane w czasie $t+\Delta t$.

Model odzwierciedla rzeczywistość poprzez przyjęcie dla lotnictwa systemu bazowego – gdzie bazą jest jedno lotnisko, na którym są najlepsze warunki odtwarzania gotowości bojowej (najprawdopodobniej to lotnisko będzie pierwszoplanowym celem uderzeń przeciwnika). W okresie stałej gotowości ma ono najlepsze warunki do odtwarzania gotowości bojowej, ale w pierwszych godzinach walki (konfliktu) przeciwnik będzie dążył do wyeliminowania z walki właśnie tych najlepiej przygotowanych lotnisk do obsługi (odtworzenia gotowości bojowej). Rozwój wypadków może być taki, iż będzie użytkowanych tylko część z lotnisk (np. co piąte). Zasoby lotnisk bazowych zostaną przeniesione na lotniska zapasowe, gdzie będzie mniej środków do odtwarzania gotowości bojowej, ale można przewidywać, że z większym prawdopodobieństwem będą one czynne (będą w stanie odtwarzać gotowość bojową danego typu (typów) statków powietrznych). Gdyby lotnisko bazowe

⁶² Spytek, Odtwarzanie gotowości bojowej samolotu, AON, Warszawa 1997.

zostało zablokowane na 72 godziny, na lotnisku tym może być odtwarzana gotowość bojowa danego typu samolotów. Jeśli samoloty, które wylądują na danym lotnisku nie mogą być obsługiwane przez personel (ze względu na brak technicznych możliwości obsługi danego typu samolotu), należy wykonać manewr środkami na odległość, np. 100 km, co może spowodować, iż na np.: 12 godzin mogą być wyłączone te statki powietrzne z walki. Poszczególne bazy się specjalizują, np. w obsłudze samolotów myśliwsko-bombowych. Otóż np., na MiG-ach 29 są specjalizowane zestawy do kontroli sprawności samolotu. Praktycznie 6 lotnisk w Polsce może odtwarzać gotowość bojową MiG-ów 29. W przypadku wylądowania tego konkretnego samolotu, należy sprawdzić czy dane lotnisko może obsłużyć dany statek powietrzny. Pojawia się tu problem konieczności różnicowania lotnisk w zależności od rodzajów statków powietrznych.

Kolejnymi problemami odwzorowania działalności lotnictwa są te wynikające z ograniczonych możliwości pilotów. W warunkach bojowych pilot ma 2,5 godziny na zregenerowanie sił. W wielu wypadkach zmęczenie jest tak duże, że nieracjonalne byłoby zezwalać zmęczonemu pilotowi na następny wylot, gdyż najprawdopodobniej nie wykona on zadania (jego skuteczność drastycznie maleje). Nie mniej jednak należy zauważyć, że w konfliktach zbrojnych ten normatywny wymiar godzin przebywania pilotów w powietrzu wzrastał nawet do kilkunastu godzin (przy realizacji tankowania w powietrzu), np. U-2 średnio wykonuje jedno zadanie przez ok. 10 godzin. Należy również zauważyć, iż samoloty z możliwością tankowania w powietrzu mają najczęściej dwóch pilotów, co właściwie wyjaśnia tak długi okres przebywania ich w powietrzu w jednym wylocie.

Bronione obiekty reprezentowane w modelu (grze) zostały opisane parametrami stałymi i zmiennymi. Parametry stałe to etykiety dające możliwość jednoznacznej identyfikacji danego obiektu. Zaś parametry zmienne wykorzystane są do sterowania tym obiektem. Są to: zasoby ludzkie, sprawność techniczna, Wartość parametrów zmiennych jest reprezentowana wartościami procentowymi w funkcji czasu. Rodzaje parametrów zmiennych zawarte są w tabeli 2.3.5.1.

Lp.	Cecha	Występuje (tak / nie)	Uwagi:
1.	Etykieta, nazwa	TAK	
2.	Etykieta, nr obiektu	TAK	
3.	Piktogram	TAK	
4.	Mobilność	TAK	
5.	Stacjonarność	TAK	
6.	Parametry sprawnościowe	TAK	

7.	Parametry odpornościowe	TAK	Dotyczy oddziaływania ogniowego
8.	Parametry związane z rozpoznaniem	TAK	
9.	Czy zawiera w sobie subobiekty?	NIE	
10.	Czy jest subobiektem	NIE	
11.	Sterowanie z poziomu koordynatora	TAK	
12.	Sterowanie z poziomu przynależności do strony „X”/”Y”	TAK	
13.	Czy skorelowany z innym obiektem	NIE	
14.	Inne		Przesłanką do wykreowania tego typu obiektu powinien być kontekst, miałyby to na celu pełniejsze przedstawienie sytuacji na mapie.

Tabela 2.3.5.1. Rodzaje parametrów dla obiektów uderzeń.

Dane umieszczone w poszczególnych polach tabeli są skonkretyzowane i rozpisane na szczegółowe parametry w rozdziale 4. Zabieg tabelaryzowania rodzajów parametrów dla poszczególnych rodzajów obiektów, w sposób znaczący wpłynął na uporządkowanie procedur badawczych. Na tym etapie badań było istotne, by wyodrębnić rodzaje parametrów dla obiektów fizycznych mających swą reprezentację w grze. W takim podejściu przejawia się pragmatyka przeprowadzonych badań, w których kolejne uszczegółowienia następują po sobie, co oznacza, że każdy z tych obiektów może być zastąpiony kilkoma szczegółowymi parametrami/wskaźnikami.

2.3.6.2. Wskaźniki opisujące

Obiektami osłony OP (ataku ze strony ŚNP) mogą praktycznie być wszystkie obiekty występujące i zdefiniowane w grze. Każdy z tych obiektów – rozpatrywany jako obiekt osłony (ataku) charakteryzowany powinien być wskaźnikami przestrzennymi i odporności na oddziaływanie ŚNP.

Wskaźniki możliwości przestrzennych

Wskaźniki możliwości przestrzennych obiektów bronionych przez OP (atakowanych przez ŚNP) sprowadzam w modelu do wskaźników odzwierciedlających przemieszczanie tych obiektów w terenie, a więc: prędkości przemieszczania oraz czasów zwijania i rozwijania obiektu.

Wskaźniki odporności na uderzenia wynika ze skuteczności zastosowania lotnictwa, w tym lotniczych środków rażenia (LŚR). Pod pojęciem skuteczności zastosowania bojowego (oddziaływania ogniowego) lotniczych środków rażenia (LŚR)

należy rozumieć skutki strzelania, bombardowania i odpalania pocisków raketowych do obiektów rażenia.

By osiągać jak największą skuteczność zastosowania bojowego LŚR należy:

- a) zapewnić wysoki poziom taktycznego, technicznego i organizacyjnego przygotowania;
- b) opierać się na racjonalnym wyborze metod i sposobów zastosowania bojowego LŚR;
- c) dokładnie planować, organizować i stosować bojowe LŚR.

W zależności od możliwości rażenia z jednego samolotu w jednym ataku, naziemny obiekt grupowy (złożony) może być rozpatrywany jako:

- obiekt pojedynczy (na przykład, RLS opromieniowania obiektów ze składu plutonu ogniowego PZR Hawk);
- obiekt zwarty (samolot podczas jednego ataku może razić wszystkie cele elementarne, celując w jego środek);
- zbiór zwartych obiektów (samolot podczas jednego ataku nie może razić wszystkich celów elementarnych obiektu, przy wielokrotnych atakach wyznacza się oddzielne punkty celowania);
- zbiór pojedynczych obiektów (samolot podczas jednego ataku może razić tylko jeden cel elementarny ze składu obiektu).
- stopnie rażenia pojedynczych obiektów naziemnych o znaczeniu operacyjnym lub taktycznym określa się następująco:
- zniszczenie (umownie typ rażenia A) — obiekt przestaje funkcjonować na czas nie krótszy niż siedem dni;
- obezwładnienie inaczej pozbawienie zdolności bojowej (umownie typ rażenia B) — obiekt przestaje funkcjonować na czas nie krótszy niż dzień;
- dezorganizacja inaczej uszkodzenie (typ rażenia C) — obiekt przestaje funkcjonować na czas nie krótszy niż godzina.

Przyjęte pojęcia odpowiadają unieszkodliwieniu obiektów na czas trwania operacji wojsk własnych (A), wykonania zadań dnia (B) lub na czas wykonania zadań walki (C).

Rażenie grupowych i złożonych naziemnych obiektów o znaczeniu operacyjnym lub taktycznym określa się trzema typami rażenia:

- rozbicie (zniszczenie),
- obezwładnienie,
- dezorganizacja.

Aby uzyskać rażenie w nakazanym stopniu, należy odpowiedni obiekt zniszczyć, pozbawić zdolności do walki lub uszkodzić część celów elementarnych jednorodnego obiektu grupowego, ewentualnie uszkodzić część powierzchni niejednorodnego powierzchniowego (złożonego) obiektu grupowego.

Wymagany typ rażenia i procentowa wartość uszkodzenia obiektu, zależą od sytuacji bojowej, celu wykonywanego zadania, określenia potrzebnych oraz posiadanych sił i środków, a decyduje o tym dowódca organizujący działania lotnictwa (uderzenia) i stawiający zadania bojowe.

Podczas działań lotnictwa na jednorodne naziemne obiekty grupowe (wojska, obiekty lotnicze itp.) zalecane jest uzyskanie następujących stopni rażenia:

- zniszczenie — rażenie nie mniej niż 50% wszystkich celów elementarnych obiektu grupowego (rażenie typu A), przy czym pozostałe cele elementarne są w zasadzie także rażone;
- obezwładnienie — rażenie nie mniej niż 50% celów elementarnych obiektu grupowego w myśl kryteriów rażenia typu B. W tym przypadku nie mniej niż 70% celów elementarnych obiektu grupowego będzie rażonych według typu C;
- dezorganizacja — nie mniej niż 50% wszystkich celów elementarnych obiektu grupowego będzie rażonych według typu C.

Podczas działania lotnictwa na obiekty powierzchniowe zaleca się stosować te same stopnie rażenia, co w przypadku obiektów grupowych.

Charakterystyka rażącego działania LŚR na obiekty powierzchniowe, składające się z jednorodnych celów elementarnych, jest taka sama, jak dla jednorodnych obiektów grupowych. Jeżeli niejednorodny obiekt grupowy składa się z kilku różnych celów elementarnych, to wybieramy jeden z nich jako główny (podstawowy) i według niego przyjmujemy charakterystyki rażącego działania LŚR. W stosunku do typowych obiektów obliczeniowych zaleca się stosowanie typów rażenia podanych w charakterystykach obiektów działania lotnictwa.

Do zwalczania obiektów o znaczeniu operacyjnym (strategicznym), takich jak fabryki, centra przemysłowe i administracyjne, porty, węzły kolejowe itp. obliczenia wykonuje się dla oddzielnych elementów, najważniejszych dla funkcjonowania obiektu. Normy rażenia obiektów, w myśl przedstawionych wcześniej kryteriów, stosuje się bezpośrednio podczas planowania uderzeń lotnictwa, uwzględniając skład grup uderzeniowych, racjonalne warianty LŚR i warunki ich zastosowania.

Do ilościowej oceny skuteczności zastosowania bojowego LŚR na naziemne (nawodne) obiekty uderzeń (działań) lotnictwa przyjmuje się następujące wskaźniki:

- P_N — prawdopodobieństwo rażenia pojedynczego obiektu przy N oddzielnych atakach (działaniach ogniowych);
- $M_N[V]$ — oczekiwany względny wskaźnik uszkodzeń obiektu (oczekiwana część rażonych celów elementarnych obiektu grupowego lub oczekiwana część rażonej płaszczyzny obiektu powierzchniowego), na który działa lotnictwo przy N oddzielnych atakach.

Przez rażenie dowolnego obiektu obliczeniowego należy rozumieć zadanie mu strat nie mniejszych od nakazanych. $\sim < j$

Rodzaj wskaźnika skuteczności wybiera się w zależności od celu stawianego zadania bojowego.

Prawdopodobieństwo rażenia obiektu obliczeniowego (w tym obiektu pojedynczego) potrzebne jest głównie podczas planowania zastosowania bojowego LSR.

Oczekiwaną wartość szkód określa się jako wskaźnik skuteczności, szczególnie podczas porównawczej oceny wyników zastosowania bojowego LSR.

Prawdopodobieństwo, że obliczony wynik zastosowania bojowego LŚR na obiekty działań lotnictwa nie będzie mniejszy od nakazanego nazywamy prawdopodobieństwem gwarancyjnym (P_g).

Obliczenia do rażenia obiektów wykonujemy dla dwóch poziomów prawdopodobieństwa gwarancyjnego $P_g = 0,8$ i $P_g = 0,95$.

Z prawdopodobieństwem gwarancyjnym $P_g = 0,8$ wykonujemy obliczenia dotyczące rażenia zwykłych obiektów uderzeń lotnictwa, natomiast z $P_g = 0,95$ podczas działań lotnictwa na szczególnie ważne obiekty.

Podczas planowania uderzeń lotnictwa i rozwiązywania różnych zagadnień operacyjno-taktycznych związanych ze wstępną oceną efektywności zastosowania bojowego LŚR należy:

- określić wartość wybranego wskaźnika skuteczności (P_N lub $M_N[V]$);
- określić ilość sił i środków (liczbę ataków N) potrzebną do uzyskania nakazanej wartości oczekiwanej szkody w obiekcie ($M_N[V]$);
- określić ilość sił i środków (liczbę ataków N) potrzebną do uzyskania względnego uszkodzenia obiektu grupowego (powierzchniowego lub

złożonego) nie mniejszego od nakazanego φ , z określonym prawdopodobieństwem gwarancyjnym ;

- określić wartość względnego uszkodzenia obiektu w danych warunkach, z określonym prawdopodobieństwem gwarancyjnym, przy nakazanej liczbie ataków N.

Wskaźniki potencjału bojowego LŚR

Podstawowe dane wyjściowe uwzględniane przy wykonywaniu obliczeń skuteczności zastosowania bojowego LŚR obejmują:

- informacje o obiekcie uderzenia;
- potrzebny stopień rażenia obiektu;
- wiadomości o środkach rażenia;
- informacje o warunkach zastosowania LŚR;
- wiadomości o rozrzucie podczas zastosowania LŚR.

Informacje o obiektach uderzeń lotnictwa zawierają:

- charakter obiektu, skład i rozmieszczenie jego elementów w terenie, właściwości funkcjonowania obiektu;
- możliwości rozpoznania obiektu i jego elementów z samolotu;
- skład obiektu obliczeniowego i jego wymiary;
- przyjęte warunki rażenia obiektu obliczeniowego — zalecane typy rażenia (pojedyncze, grupowe lub powierzchniowe obiekty obliczeniowe i konieczne typy ich rażenia — A, B, C dla danego stopnia rażenia całego obiektu).

Podczas wykonywania obliczeń do rażenia obiektów, wykorzystuje się rzeczywiste ich struktury i wiadomości uzyskane z rozpoznania. Przy braku takich wiadomości wykorzystujemy typowe schematy obiektów przedstawione w charakterystykach obiektów działań lotnictwa.

Do warunków zastosowania LŚR zalicza się: wysokość, prędkość oraz kąt nurkowania samolotu w czasie stosowania środków rażenia, jak również wynikające z tego warunki bezpieczeństwa.

Podczas określania racjonalnych warunków zastosowania LŚR uwzględnia się: obronę powietrzną przeciwnika;

- planowaną i prowadzoną walkę radioelektroniczną;

- warunki atmosferyczne w rejonie obiektu działań;
- możliwości wykrycia, rozpoznania obiektu i jego elementów
- ukształtowanie terenu w rejonie obiektu działań;
- zależność rażącego działania LŚR od warunków ich zastosowania.
- Wiadomości o lotniczych środkach rażenia zawierają:
- typ i kaliber stosowanych środków rażenia;
- właściwości zastosowania bojowego danego typu LŚR;
- wartości parametrów charakteryzujących skuteczność rażącego działania LŚR na obiekt pojedynczy (elementarny), grupowy, powierzchniowy lub złożony (wymiary określonej strefy rażenia, konieczną do rażenia obiektu średnią liczbę trafień LŚR, promień rażenia LŚR);
- parametry charakteryzujące wymiary strefy rozrzutu LŚR podczas zrzutu kaset, zasobników, kontenerów lub odpalania LSR z innych systemów bojowych;
- liczbę LŚR stosowanych przez jeden samolot w jednym ataku.

Wiadomości dotyczące charakterystyk rozrzutu podczas stosowania LŚR zawierają:

- uchylenie prawdopodobne grupowego rozrzutu wzdłuż osi x i y;
- uchylenie prawdopodobne indywidualnego rozrzutu wzdłuż osi x i y;
- rozśrodkowanie pocisków (długość serii) wzdłuż kierunku lotu samolotu na ziemi uzyskane przy wykorzystaniu systemu kierowania uzbrojeniem (SKU) samolotu.

Wielkości te zależą od typu zastosowanych LŚR, systemu celowniczego, sposobów celowania, warunków lotu podczas celowania, poziomu wyszkolenia personelu latającego, ustalonych wartości wprowadzanych do systemu kierowania uzbrojeniem samolotu.

Wartości uchyień prawdopodobnych rozrzutu grupowego przyjmuje się zgodnie z normatywami. Rażenie obiektów wykonuje się z uwzględnieniem przyjętych norm uchyień prawdopodobnych, charakteryzujących średnie możliwości rażenia tych obiektów.

Skuteczność działań bojowych oblicza się z uwzględnieniem konkretnych wartości uchyień prawdopodobnych grupowego rozrzutu dla związku taktycznego, oddziału, pododdziału lub załogi. Charakteryzuje ona możliwości wykonania zadań bojowych.

Systemy obrony powietrznej przeciwnika obezwładnia się specjalnie wydzielonymi siłami i środkami tak, aby prawdopodobieństwo pokonania obrony powietrznej przez samoloty wykonujące uderzenie na obiekt główny było bliskie jedności.

Informacje wyjściowe potrzebne do rozwiązywania zadań związanych z wykonywaniem uderzeń LSR powinny zawierać:

- dane o obiekcie uderzenia lotnictwa i o rodzaju celów elementarnych wchodzących w skład obiektu grupowego. Każde zadanie związane z oceną skuteczności działań ogniowych na naziemne (morskie) obiekty wykonuje się każdorazowo ze sprawdzeniem zgodności nakazanych lub wybranych warunków zastosowania bojowego LSR i warunków bezpieczeństwa
- C_x, C_y — wymiary prostokąta obiektu grupowego (powierzchniowego), na którym cele elementarne rozłożone są równomiernie (dla pojedynczych naziemnych obiektów małowymiarowych, których położenie jest znane, przyjmuje się $C_x = C_y = 0$) [m];
- N_c — liczba celów elementarnych w obiekcie grupowym;
- φ — nakazana (potrzebna) część rażonych celów elementarnych obiektu grupowego lub część rażonej płaszczyzny obiektu powierzchniowego określona w zadaniu bojowym;
- V_s, V_b, V_r — prędkość lotu samolotu podczas strzelania, bombardowania lub odpalania pocisków raketowych [km/h];
- $D_{s,r}$ — średnia odległość strzelania lub odpalania pocisków raketowych [m];
- n_s — szybkostrzelność działek [wystrzałów/min];
- t_s — długość strzelania lub odpalania niekierowanych pocisków raketowych (czas prowadzenia ognia) [s];h)
- λ — kąt nurkowania samolotu [$^\circ$];
- E_{xi}, E_{yi} — uchylenie prawdopodobne rozrzutu indywidualnego (na powierzchni ziemi) [m];
- E_{xg}, E_{yg} — uchylenie prawdopodobne rozrzutu grupowego podczas oddziaływania ogniowego lotnictwa (na powierzchni ziemi) [m];
- n — liczba bomb, pocisków, pocisków raketowych, kaset zastosowanych w jednym ataku (jednym celowaniu) z jednego samolotu;
- n_k — liczba bomb (oddzielnych części bojowych) w kasecie (wiązce, kontenerze);

- L_{xs} — długość serii — rozrzut pocisków wzdłuż osi x uzyskany na ziemi zgodnie z teorią rozrzutu LŚR [m];
- L_{xk}, L_{yk} — średnie wymiary strefy rozrzutu LSR (jednej kasety, wiązki, kontenera lub salwy bomb) wzdłuż osi x i y [m].

Na podstawie powyższych danych określa się uogólnione charakterystyki wykorzystywane przy wyborze punktów celowania, a także przy ocenie skuteczności zastosowania bojowego LŚR:

- l_x, l_y — wymiary strefy rażenia pojedynczego (elementarnego) obiektu (celu) [m];
- n_{xr}, n_{yr} — liczba LŚR, wprowadzana do obliczeń przy ocenie skuteczności, określająca razem z innymi parametrami wielkość (boki) określonej strefy rozrzutu LŚR, występującej podczas rozrzutu indywidualnego;
- L_x, L_y — wymiary strefy rozrzutu LŚR [m];
- r — wskaźnik rozśrodkowania obiektu (liczba niezależnych celów w obiekcie).

Na przygotowanie danych wyjściowych do obliczeń składa się określenie odpowiednich wartości, wyrażonych w uchyleniach prawdopodobnych rozrzutu grupowego wzdłuż osi x, y posługując się następującymi wzorami:

$$\begin{aligned}
 C_x^* &= \frac{C_x}{E_{xg}}; & C_y^* &= \frac{C_y}{E_{yg}}; \\
 l_x^* &= \frac{l_x}{E_{xg}}; & l_y^* &= \frac{l_y}{E_{yg}}; \\
 E_{xi}^* &= \frac{E_{xi}}{E_{xg}}; & E_{yi}^* &= \frac{E_{yi}}{E_{yg}}; \\
 L_{xs}^* &= \frac{L_{xs}}{E_{xg}}; & L_x^* &= \frac{L_{xs}}{n-1}; \\
 L_{xk}^* &= \frac{L_{xk}}{E_{xg}}; & L_{yk}^* &= \frac{L_{yk}}{E_{yg}};
 \end{aligned}$$

Wszystkie wartości z gwiazdką odpowiadają wartościom bez gwiazdki i są równe stosunkowi wartości rzeczywistej (oznaczonej tą samą literą) do odpowiedniego uchylenia prawdopodobnego rozrzutu grupowego

Podstawą oceny skuteczności zastosowania bojowego LŚR na obiekty naziemne jest porównanie strefy rażenia obiektu i strefy rozrzutu LŚR. Oznacza to, że do obliczeń przyjmuje się w charakterze danych uogólnionych:

- l_x, l_y — wymiary strefy rażenia (boków prostokąta) pojedynczego (elementarnego) obiektu;
- L_x, L_y — wymiary strefy rozrzutu (boków prostokąta) LŚR, wewnątrz której zakłada się równomierne rozłożenie środków rażenia.

Strefą rozrzutu LŚR nazywamy prostokąt, którego wymiary L_x i L_y są wykorzystywane do obliczania prawdopodobieństwa rażenia celów elementarnych według danej metodyki. W praktyce otrzymuje się taką samą wartość prawdopodobieństwa, jak przy wykorzystywaniu metody doświadczeń statystycznych w modelu opartym na schemacie dwóch grup błędów (uwzględniających tak grupowe, jak i indywidualne rozrzuty LŚR).

Odpowiednie wielkości L_x^* i L_y^* obliczamy z następujących składowych:

$$L_x^* = L_{xs}^* + L_{xi}^* + L_{xk}^* ;$$

$$L_y^* = L_{yi}^* + L_{yk}^* ;$$

gdzie:

L_{xs}^* -względna długość serii zastosowanych LŚR:

$L_{xi}^* ; L_{yi}^*$ -względne wymiary strefy rażenia LŚR, które otrzymujemy jako indywidualny rozrzut LŚR wzdłuż osi x i y;

$L_{xk}^* ; L_{yk}^*$ - średnie względne wymiary strefy rozrzutu LŚR (jednej kasety, kontenera itp.) wzdłuż osi x i y.

Podczas bombardowania serią salw: L_{xk}^*, L_{yk}^* — względne wymiary strefy rozrzutu LŚR w jednej salwie.

Podczas bombardowania serią i serią salw z lotu poziomego L_{xs} — długość serii na powierzchni ziemi obliczamy ze wzoru:

$$L_{xs} = t \cdot V_b$$

gdzie: t — czas zrzutu serii bomb

V_b — prędkość lotu samolotu podczas bombardowania.

Średnią liniową odległość między bombami (kasetami) w serii obliczamy ze wzoru:

$$i_x = \frac{L_{xs}}{n-1}$$

gdzie: n — liczba bomb, kaset, kontenerów.

Jeżeli podczas bombardowania stosujemy kasety RBK lub inne LŚR rozdzielające się na torze lotu, to wartości L_{xk} i L_{yk} określamy według danych odczytywanych z wykresów.:

— H_b — wysokość bombardowania [m];

— V_b — prędkość lotu samolotu podczas bombardowania [km/h];

T_t — czas opóźnienia zadziałania zapalnika kasety (wiązki) [s],

Uwaga. Podczas bombardowania serią salw wartości L_{xk}^* lub L_{yk}^* można odczytać z wykresów według danych wyjściowych: l_x^* , E_{xi}^* , n_k (lub l_y^* , E_{yi}^* , n_k). W tym przypadku $L_{xk}^* = L_{xi}^*$; $L_{yk}^* = L_{yi}^*$; n_k — liczba LŚR w salwie.

Określenie wartości L_{xi}^* i L_{yi}^* wykonujemy w następującej kolejności:

Obliczamy wartość n_{xr} — liczbę pocisków, wpływającą na zwiększenie długości serii na skutek indywidualnego rozrzutu:

$$n_{xr} = \min\left(n; \frac{3E_{xi}^*}{i_x^*}\right)$$

Obliczamy wartość n_{yr} — liczbę pocisków określającą rozrzut LŚR w kierunku bocznym na skutek indywidualnego rozrzutu:

$$n_{yr} = \min\left(n; \frac{l_x^* + 3E_{xi}^*}{l_x^*}\right)$$

Przy $n_{xr} < 2$ (lub $n_{vr} < 2$) wynik zaokrąglamy do pełnych jednostek (w górę).

Przy $n_{xr} \geq 2$ (lub $n_{vr} \geq 2$), wyniku nie zaokrąglamy

Wielkość n_{vr} określa także liczbę LŚR, które mogą trafić w założoną strefę rażenia celu elementarnego (l_x , l_y) pokrytą strefą rozrzutu LŚR (L_x , L_y).

Przy $n_{xr} = 1$ lub $n_{yr} = 1$ zawsze uwzględniamy $L_{xi}^* = 0$, $L_{yi}^* = 0$. Przy strzelaniu towarzyszącym lub strzelaniu salwą z jednego samolotu zawsze $n_{xr} = n$ i $n_{yr} = n$.

Wskaźnik rozśrodkowania obiektu grupowego (powierzchniowego) charakteryzuje stopień rozśrodkowania celów elementarnych w stosunku do warunków oddziaływania ogniowego, przy którym środek ognia (środek założonej strefy rozrzutu LŚR) pokrywa się ze środkiem obiektu. Wartość wskaźnika rozśrodkowania obliczamy ze wzoru:

$$r = \max\left(1; \frac{C_x^*}{l_x^* + L_x^* + 3}\right) \cdot \max\left(1; \frac{C_y^*}{l_y^* + L_y^* + 3}\right)$$

Organizacja strzelania, bombardowania i odpalania pocisków raketowych do obiektów pojedynczych, grupowych (powierzchniowych) lub złożonych

Przez organizację bombardowania, strzelania i odpalania pocisków raketowych rozumie się między innymi racjonalny wybór:

- środków rażenia (bombowych, artyleryjskich, raketowych);
- warunków zastosowania LSR (wysokość, prędkość lotu oraz kąt nurkowania) ;
- długości serii uzyskanej za pomocą systemu kierowania uzbrojeniem;
- punktów celowania podczas działań na obiekty grupowe (powierzchniowe) i podziału nosicieli LSR na poszczególne obiekty (punkty celowania).

Przy wyborze wariantu uzbrojenia należy ocenić skuteczność jego działania na dany obiekt. Konieczne jest uwzględnienie właściwości obiektu; charakterystyki działania rażącego i liczby stosowanych LSR z samolotu; możliwości systemu kierowania uzbrojeniem; charakterystyki rozrzutu indywidualnego i grupowego.

Przeprowadzony wcześniej wybór warunków zastosowania bojowego odpowiedniego wariantu uzbrojenia danego typu samolotu umożliwia ustalenie orientacyjnych wartości uchyień prawdopodobnych rozrzutu grupowego E_{xg} ,

Wybór rodzaju i kalibru LSR polega na tym, że pierwszeństwo uzyskuje ten wariant LSR, którego całkowita płaszczyzna rażenia jest największa. Całkowitą płaszczyznę rażenia jednorodnymi LSR obliczamy za pomocą wzoru

$$S_E = n \cdot n_k \cdot l_x^* \cdot l_y^*$$

gdzie: S_E — względna całkowita płaszczyzna rażenia wszystkimi jednorodnymi LSR przyjętymi dla danego wariantu uzbrojenia samolotu w określonych warunkach zastosowania bojowego, obliczana z uwzględnieniem E_{xg} , E_{yg} ;

n - liczba LSR (bomb, kaset, kontenerów podwieszanych na samolot);

n_k - liczba LSR w jednej kasecie (wiązce, kontenerze) lub liczba części bojowych w bombach kulkowych;

$l_x^*; l_y^*$ -względne wymiary strefy rażenia wyrażone w uchyleniach prawdopodobnych rozrzutu grupowego (l_x i l_y) dla naziemnych jednorodnych obiektów.

Racjonalny wybór rodzaju LSR, a także podstawowych warunków ich zastosowania bojowego może być przeprowadzony przez porównanie wartości wskaźnika skuteczności lub, gdy wskaźnik skuteczności jest nakazany — przez

porównanie liczby koniecznych ataków N dla rozpatrywanych alternatywnych wariantów wykonania postawionego zadania.

Oceniane warianty uzbrojenia powinny być rozpatrywane w różnych warunkach ich stosowania, a odpowiednie wnioski przedstawiane dowódcom.

Jakość alternatywnych wariantów uzbrojenia jednorodnych LŚR łączy się z wartością parametru S_E , który powinien być maksymalny lub bliski maksymalnemu.

Rodzaj i kaliber LŚR, a także warunki ich zastosowania bojowego ostatecznie wybiera dowódca na podstawie przeprowadzonych kalkulacji (obliczeń), konkretnej sytuacji operacyjno - taktycznej, doświadczenia bojowego i innych czynników.

Długość rozrzutu LŚR w kierunku zgodnym z lotem samolotu

Określenie racjonalnej długości serii podczas uderzeń lotnictwa na obiekty naziemne zależy jest od metody oceny skuteczności zastosowania bojowego LŚR.

Racjonalna długość serii $L_{x_s, r}$ może być określona dla dowolnych niekierowanych LŚR. Takie wartości $L_{x_s, r}$ lub bliskie im długości serii L_{x_s} można uzyskać w praktyce jedynie podczas bombardowania z wykorzystaniem odpowiedniego systemu kierowania uzbrojeniem.

Metoda operacyjna określania racjonalnej długości serii $L_{x_s, r}$ podczas uderzeń lotnictwa na jakikolwiek obiekt zakłada, że rodzaj i kaliber LŚR jest już wybrany. Znając rodzaj i kaliber LŚR oraz podstawowe warunki ich zastosowania bojowego, określamy uchylenie prawdopodobne rozrzutu indywidualnego E_{x_i} , E_{y_i} . Kolejność określania racjonalnej długości serii podczas bombardowania pojedynczego obiektu jest następująca

Obliczenie wartości parametru

$$S_x^* = n \cdot n_k \cdot l_k^* \cdot \min \left(1; \frac{l_y^*}{L_y^*} \right)$$

gdzie: wartości n , n_k , l_x^* , l_y^* — zdefiniowane w powyżej;

L_y^* — względny wymiar strefy rozrzutu wszystkich n LŚR w kierunku z uwzględnieniem rozrzutu indywidualnego:

$$L_y^* = L_{y_i}^* / l_{y_k}^* ; n; E_{y_i}^* / + L_{y_k}^*$$

Wartości $L_{y_i}^*$ określamy z wykresów. Wyjściowymi wielkościami do odczytu z wykresu będą: $E_{y_i}^*$ (według tej wielkości wybieramy odpowiedni wykres), l_y^* i $n_{ys} = n$.

Z wykresu, według wartości S_x^* i $C_x^* = 0$, określamy parametr pomocniczy

$$f^S_x^*$$

Wartość parametru $f(S_x^*)$ jest konieczna do obliczenia niewiadomej, którą jest racjonalna długość serii L_{xs} , za pomocą następujących wzorów:

podczas stosowania bomb, niekierowanych pocisków raketowych i uzbrojenia artyleryjskiego:

$$L_{xs,r}^* = f(S_x^*) - 0,8 \cdot l_x^*$$

$$L_{xs,r} = L_{xs,r}^* \cdot E_{xg}$$

b) podczas stosowania kaset, wiązek i kontenerów:

$$L_{xs,r}^* = f(S_x^*) - L_{xk}^* - 0,8 \cdot l_x^*$$

$$L_{xs,r} = L_{xs,r}^* \cdot E_{xg}$$

Przy wartości $L_{xs,r}^* < 0$ przyjmujemy $L_{xs,r}^* = 0$.

Możliwość uzyskania wartości $L_{xs,r}^*$ sprawdza się za pomocą wykorzystywanego systemu kierowania uzbrojeniem (SKU). Jeżeli do SKU możemy wprowadzić wartość $L_{xs} > L_{xs,r}$, to praktycznie wybieramy wartość długości serii bliską największej. Jeżeli SKU może wypracować jedynie $L_{xs} < L_{xs,r}$, to praktycznie należy wziąć L_{xs} największe.

Jeżeli obiekt uderzeń lotnictwa jest grupowy (powierzchniowy), a liczba LSR na jednym samolocie $n \leq 6$, to określenie $L_{xs,r}$ nie różni się od obliczeń tej wartości w odniesieniu do pojedynczego obiektu.

Jeżeli obiekt uderzenia (ataku) lotnictwa jest grupowy (powierzchniowy), a liczba LSR na jednym samolocie $n > 6$, to określenie $L_{xs,r}$ wykonujemy tak, jak dla obiektu pojedynczego, danymi wyjściowymi będą: S_x^* i C_x^* (a nie $C_x^* = 0$), gdzie: C_x^* — względny wymiar obiektu grupowego (powierzchniowego) w stosunku do kierunku lotu samolotu.

Punkt celowania podczas uderzeń lotnictwa na obiekty grupowe (powierzchniowe)

Punkty celowania podczas ataku lotnictwa powinny być wybierane lub wyznaczane tak, aby zapewniały największą skuteczność rażenia.

W celu wyznaczenia punktów celowania określamy charakter obiektu i w zależności od warunków ataku lotnictwa ustalamy środek płaszczyzny rażenia (ognia) tak, aby pokrywał się ze środkiem obiektu obliczeniowego.

Racjonalny wybór punktów celowania podczas organizacji bombardowania, strzelania oraz odpalania pocisków raketowych polega na:

a) umownym podziale dużych obiektów grupowych (powierzchniowych) na r częściowych, niezależnych, jednorodnych, pojedynczych lub grupowych (powierzchniowych) celów;

b) podziale wydzielonych samolotów na poszczególne cele, aby zapewnić uzyskanie w przybliżeniu równej wartości średnich względnych uszkodzeń rażonych celów. Podział taki powinien umożliwić osiągnięcie największej wartości oczekiwanej części rażonych celów elementarnych (lub części rażonej płaszczyzny) obiektów grupowych (powierzchniowych).

Warunki wykonywania uderzeń ogniowych charakteryzują wszystkie względne wielkości oznaczone: C_x^* , C_y^* , l_x^* , l_y^* , L_x^* , L_y^* ;

gdzie:

C_x^* , C_y^* , — względne wymiary odpowiednich boków prostokąta obiektu grupowego (powierzchniowego), na którym cele elementarne są przypuszczalnie rozłożone równomiernie;

l_x^* , l_y^* , — względne wymiary odpowiednich boków prostokąta strefy rażenia jednego celu elementarnego ze składu jednorodnego obiektu grupowego;

L_{xi}^* i L_{yi}^* — względne wymiary odpowiednich boków prostokąta strefy rozrzutu LŚR.

Umowny podział obiektu uderzeń lotnictwa przy danych warunkach wykonania ataku wyrażamy wartością parametru „r”, co jest wskaźnikiem rozśrodkowania obiektu ($r \geq 1$). Wskaźnik rozśrodkowania obiektu grupowego (powierzchniowego) obliczamy ze wzoru:

$$r = r_x \cdot r_y = \max\left(1; \frac{C_x^*}{l_x^* + L_x^* + 3}\right) \cdot \max\left(1; \frac{C_y^*}{l_y^* + L_y^* + 3}\right)$$

Wielkości r_x i r_y wskaźników rozśrodkowania obiektu grupowego (powierzchniowego) dotyczą odpowiednio osi x i y.

Wielkość $\frac{1}{r}$ charakteryzuje stosunek liczbowy celów elementarnych obiektu grupowego (powierzchniowego), które mogą być rażone w jednym ataku samolotu w warunkach, gdy środek strefy rozrzutu LŚR pokrywa się ze środkiem wyznaczonego punktu celowania.

Jeżeli podczas rozwiązywania zadań okaże się, że $r = 1$ to oznacza, że wszystkie cele elementarne obiektu grupowego (powierzchniowego) mogą być rażone już przy jednym ataku. Taki obiekt nazywamy zwartym.

Przy wielokrotnych uderzeniach na zwarte obiekty grupowe (powierzchniowe) celowanie należy wykonywać do pojedynczych celów elementarnych, zaczynając od położonych bliżej środka obiektu grupowego (powierzchniowego), jeżeli cele elementarne można wykryć z samolotów. Natomiast cele znajdujące się w pewnej odległości od środka obiektu zaleca się atakować wówczas, gdy bliższe nie są wykrywalne.

Podczas działań na zwarte obiekty grupowe (powierzchniowe) środek ognia strefy rażenia kierowanych LSR powinien być w geometrycznym środku obiektu (celowanie w ten sam punkt). Jeżeli wskaźnik rozśrodkowania r obiektu grupowego (powierzchniowego) będzie większy od jedności ($r > 1$), to parametr „ r ” wskazuje liczbę zwartych celów znajdujących się na płaszczyźnie tego obiektu.

Obiekt grupowy (powierzchniowy), dla którego wartość wskaźnika rozśrodkowania $r > 1$, nazywamy obiektem umiarkowanie rozśrodkowanym (obiekt składa się z kilku zwartych, odległych od siebie celów). Uderzenie ogniowe na taki obiekt jest podobne do uderzenia na umownie wydzielone cele zwarte. Punktami celowania podczas uderzeń lotnictwa są cele elementarne lub środki celów zwartych.

Dla obiektu grupowego (gdy cele elementarne widoczne są z samolotu) wartości wskaźników rozśrodkowania obiektu mieszczą się w granicach $1 < r < N_c$. Dla obiektu powierzchniowego $r = 1$.

Przy faktycznym wyznaczaniu liczby celów zwartych, wartości r_x i r_y zaokrąglamy w dół. Wydzielenie celów zwartych z obiektu dla przypadku, gdy: $r_x=3$, a $r_y=2$.

Jeżeli do rażenia obiektu grupowego (powierzchniowego) wydzielony został jeden samolot (grupa), powinien on wykonać celowanie w środek obiektu grupowego (w cel elementarny w punkcie geometrycznego środka obiektu).

Jeżeli do rażenia obiektu grupowego (powierzchniowego) wydzielą się $N < r$ samolotów, to obiekt ten dzieli się według ważności równomiernie, Zgodnie z liczbą punktów celowania, przy czym podział samolotów według punktów celowania rozpoczyna się od punktów leżących bliżej środka obiektu.

Jeżeli do rażenia obiektu grupowego (powierzchniowego) wydzielą się N samolotów i $N > r$, to samoloty rozdziela się na wydzielone punkty celowania w miarę

możliwości równomiernie: na jeden cel $\left[\frac{N}{r} \right]$ samolotów, na inne więcej niż jeden. Większą liczbę samolotów wyznacza się na cel położony bliżej środka obiektu.

Jeżeli wskaźnik rozśrodkowania obiektu grupowego jest równy liczbie celów elementarnych $r = N_c$, to znaczy, że każdy cel wydzielony z obiektu grupowego jest celem elementarnym. Taki obiekt grupowy nazywamy rozśrodkowanym. Nie występują w nim skupiska celów elementarnych (zagęszczenia).

Wszystkie obiekty ocenia się jako umiarkowanie rozśrodkowane, jeżeli $r \leq 1$. Zwarte ($r = 1$) i rozśrodkowane obiekty grupowe ($r = N_c$) stanowią częste przypadki.

Obiekt powierzchniowy może być zwarty lub umiarkowanie rozśrodkowany.

Pojęcia „obiekty zwarte”, „obiekty rozśrodkowane umiarkowanie” i „obiekty rozśrodkowane” stosujemy umownie. Ten sam obiekt grupowy może być zwarty lub rozśrodkowany, w zależności od warunków wykonywania uderzenia ogniowego.

Jeżeli cele elementarne rozśrodkowanego obiektu grupowego możliwe są do wykrycia z samolotów, to uderzenie lotnictwa organizuje się na każdy cel elementarny (jak na obiekt pojedynczy). Wydzielone do rażenia obiektu samoloty rozdziela się na poszczególne cele elementarne w miarę możliwości równomiernie. Jeżeli obiekt grupowy jest jednorodny lub złożony (obiekty OPL itp.) i nakazane są dwa warianty jego rażenia (wymaganie rażenia jednego najważniejszego elementu lub nakazanej części płaszczyzny), to przy wykryciu celów elementarnych z samolotów i przy wartości $r \leq \varphi N_c$, na taki obiekt należy wykonać uderzenie jak na obiekt pojedynczy, to znaczy najpierw wykryć najważniejsze cele elementarne i w wielokrotnych atakach kolejno je razić, celując indywidualnie.

W przypadkach, gdy celów elementarnych z samolotów nie można wykryć lub, gdy $r < \varphi N_c$, konieczne jest wykonanie uderzeń (ataków) tak, jak na obiekt powierzchniowy (przy $r = 1$ tak, jak na zwarty obiekt powierzchniowy, przy $r > 1$ tak, jak na obiekt umiarkowanie rozśrodkowany) z uzyskaniem rażenia nakazanej części obiektu powierzchniowego.

Jeżeli obiekt grupowy jest jednorodny (możliwe wykrycie celów elementarnych z samolotu i $r \leq 0,5 N_c$), to uderzenie lotnicze należy wykonać tak jak na obiekt rozśrodkowany. Wówczas wykonuje się celowanie w każdy cel elementarny i wydzielone samoloty rozdziela się na cele elementarne w miarę możliwości równomiernie (należy przyjąć $r = N_c$).

W pozostałych przypadkach, gdy cele elementarne nie są możliwe do wykrycia z samolotów lub przy $r < 0,5 N_c$, konieczne jest wykonanie uderzeń tak, jak na obiekty umiarkowanie rozśrodkowane.

Przyjmowany kierunek ataku na obiekt

Kierunek ataku obiektu wybiera się z uwzględnieniem najskuteczniejszego pokonania obrony przeciwlotniczej obiektu nieprzyjaciela oraz wczesnego wykrycia obiektu na odległości zapewniającej jego identyfikację, celowanie i wykonanie postawionego zadania bojowego z możliwie dużą skutecznością. Zatem, by móc właściwie przeciwdziałać atakowi należy „wczuć się”/ myśleć jak atakujący. By wyprzedzić szereg racjonalnych posunięć (z punktu widzenia atakującego).

Duże prawdopodobieństwo rażenia obiektu zapewnia się przez spełnienie pewnych warunków. Jeżeli długość obiektu jest większa co najmniej 1,5 raza od szerokości, a rozrzut jest eliptyczny, to ogólny kierunek nalotu na obiekt powinien być taki, aby dłuższa oś elipsy rozrzutu LSR była skierowana wzdłuż dłuższego boku obiektu lub tworzyła kąt nie większy niż 15—20°.

Podczas bombardowania obiektów wąskich a długich (kolumny wojsk w marszu, drogi startowe itp.), szczególnie podczas bombardowania serią z małych wysokości, kiedy elipsa rozrzutu jest silnie rozciągnięta w kierunku lotu, to atak na obiekt powinno się wykonać pod niewielkim kątem (do 10°). Jeżeli szerokość pojedynczego obiektu wydłużonego C_{xl} jest nie mniejsza od czterech uchyień prawdopodobnych grupowego rozrzutu bomb prostopadłego do kierunku ataku ($C_{xl} \geq 4E_{yg}$), to niezbędne jest, aby kąt α ataku obiektu spełniał następującą nierówność:

$$4 \cdot E_{yg} + L_{xg} \cdot \sin \alpha \leq C_{xl}$$

gdzie: L_{xg} — długość serii podczas bombardowania.

Jeżeli szerokość pojedynczego obiektu C_{xl} jest mniejsza od czterech uchyień prawdopodobnych grupowego rozrzutu bomb prostopadłego do kierunku ataku ($C_{xl} < 4E_{yg}$), to kierunek ataku na obiekt powinien przecinać dłuższy bok obiektu pod kątem nie większym niż 15°. Dla załóg wyszkolonych kąt ataku na obiekt powinien być minimalny, co zapewnia większą oczekiwaną liczbę trafień bomb w obiekt.

3. Model jako komputerowa gra symulacyjna

Treści tego rozdziału są wynikiem kolejnego etapu konstruowania modelu, w którym reprezentacja poszczególnych komponentów z opisu werbalnego, przedstawionego w treści rozdziału drugiego, jest ujęta w postać jednoznacznego zapisu formalnego. Etap ten jest niezbędny do przekształcenia modelu logicznego w model informatyczny. Był on jednym z trudniejszych elementów całości przeprowadzonych prac badawczych, albowiem wymagał ogromnej koncentracji ze względu na wielowątkowość modelowanych procesów. Model matematyczny nie zawiera opisu wszystkim możliwych zdarzeń, które występują w grze, ze względu na zbyt duży stopień komplikacji opisywanych zjawisk i zbyt małą moją biegłość w posługiwaniu się zaawansowanym aparatem matematycznym.. Ustanawia on jednak jednoznaczną symbolikę, notację przydatną do pisania software-u. Wyniki owych procedur dla wybranego wątku gry przedstawiam w kolejnych podrozdziałach. Podejmując próbę odzwierciedlenia rzeczywistości w postaci zapisu formalnego wprowadziłem jednoznaczną symbolikę oraz notację, która opisuje przejrzystość ideę modelu.

Istotną częścią tego rozdziału jest przedstawienie wymagań na strukturę techniczną, systemową i programową jako środowiska, w którym powinien właściwie funkcjonować model.

Bardzo czasochłonnym i istotnym elementem pracy było skonstruowanie komputerowych map cyfrowych (teł mapowych) nadających się dla modelu.

Świadomie podałem definicje pojęć wykorzystywanych do opisu zjawisk odzwierciedlanych w modelu, gdyż obszerna literatura dotycząca modelowania gier, symulacji komputerowej wprowadza pewien chaos terminologiczny, który wymagałby od czytelnika żmudnych poszukiwań dla zrozumienia ich istoty.

3.1. Aparat pojęciowy

Produktem końcowym modelowania walki OP szczebla taktycznego ma być napisanie oprogramowania interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej (ta część wykracza poza ramy rozprawy) oraz dla wybranych wątków przeprowadzonych badań do weryfikacji przyjętych rozwiązań (w ramach rozprawy). Deklaracja ta wymusza zdefiniowanie aparatu pojęciowego wykorzystywanego w opracowaniu.

W wielu wypowiedziach brak jest jednoznaczności nawet co do podstawowych kategorii, takich jak: gra, sytuacja konfliktowa, gra symulacyjna, granie, symulacja. Dla opisów formalnych (matematycznych) przyjazne (są gotowe mechanizmy

zaimplementowania takiej notacji) są to definicje oparte na teorii grafów i sieci, zaś dla klas problemów właściwe mogą być definicje przedstawione w sposób opisowy.

Gra może być zdefiniowana jako model matematyczny sytuacji konfliktowej. W teorii gier przyjęło się kilka sposobów opisu konfliktu. Grę można określić w postaci rozwiniętej (ekstensywnej), normalnej lub w postaci funkcji charakterystycznej. Każdy z wymienionych sposobów odpowiada tylko niektórym klasom 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, sposoby oceny wyników działania (rozdzielanie sytuacji gorszych i lepszych w określonym sensie). Poza tym, każdym procesem konfliktowym rządzą pewne prawa i reguły ustalone wcześniej, znane stronom uczestniczącym w konflikcie. Cechą charakterystyczną gry jest udział człowieka i 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).

Gra – ujęcie gry opiera się na definicjach z nią związanych. Istnieje wiele różnorodnych sytuacji konfliktowych. Bardzo to utrudnia podanie precyzyjnej, a zarazem ogólnej definicji gry. W rozprawie, pojęcie gry jest tożsame z pojęciem model.

Poniżej przedstawiam definicje gry w postaci rozwiniętej i normalnej.

Oznaczenia:

U - zbiór łuków dendrytu;

W - zbiór wierzchołków;

A - zbiór możliwych wyborów;

Ruchem $\mathbf{R(x)}$ w wierzchołku $\mathbf{x \in W}$ nazywamy zbiór łuków o początku w \mathbf{x}

$$\mathbf{R(x) = \{(x,y) \in U : y \in W \}}$$

Zbiór $\mathbf{W_k \subset W}$ nazywamy zbiorem wierzchołków końcowych:

$$\mathbf{W_k = \{ x \in W : R(x) = \emptyset \}}$$

Wierzchołek $a \in W$ taki, że dla każdego $x \in W$, $(x, a) \notin U$ nazywamy początkowym.

Partią x nazywamy drogę łączącą wierzchołek początkowy z końcowym.

Niech $N = \{1, 2, \dots, n, \dots, N\}$ będzie zbiorem numerów graczy, natomiast $H_n(x)$ wielkością wypłaty dla gracza nr n w partii x .

Zbiorem informacyjnym gracza nr n nazywać będziemy podzbiór wierzchołków, w których decyzja należy do gracza n , nierozróżnialnych z punktu widzenia posiadanych informacji o dotychczasowym przebiegu gry i takich, że do każdej drogi (partii) należy co najwyżej jeden element tego zbioru. Warunkiem koniecznym przynależności wierzchołków x_1, x_2 do tego samego zbioru informacyjnego jest, aby $A(x_1) = A(x_2)$.

Gra N - osobowa w postaci rozwiniętej (ekstensywnej) nazywać będziemy dendryt Γ , dla którego dane są:

1. Funkcjonał $f : U \rightarrow A$;
2. Podział zbioru W na $(N+2)$ podzbiory:
 - W_0 - zbiór wierzchołków losowych;
 - W_n - zbiór wierzchołków gracza nr $n \in N$;
 - W_k - zbiór wierzchołków końcowych;
3. Podział zbioru W_n na klasy równoważności, zwane zbiorami informacyjnymi W_{nk} ($k=1, 2, \dots$);
4. Dla każdego $x \in W_0$ rozkład prawdopodobieństwa na zbiorze $R(x)$;
5. Dla każdego $x \in W_k$ wektor $H(x) = (H_1(x), \dots, H_n(x), \dots, H_N(x))$, gdzie wektor $H(x)$ oznacza wypłaty dla graczy.

Strategia s_n gracza nr n nazywamy funkcję, która każdemu zbiorowi informacyjnemu W_{nk} przyporządkowuje wybór należący do zbioru wyborów odpowiadających stanom tego zbioru informacyjnego. Zbiór strategii gracza nr n oznaczać będziemy przez S_n . Zbiorem S sytuacji w grze nazywamy iloczyn kartezyjski zbiorów strategii graczy:

$$S = \prod_{n \in N} S_n$$

Sytuacja w grze nazywamy wektor:

$$\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_n, \dots, s_N), \text{ taki, że} \\ s_n \in S_n, n \in N.$$

Niech funkcja $\mathbf{H}' : \mathbf{S} \rightarrow \mathbf{R}^N$ określa wypłaty dla poszczególnych graczy w każdej sytuacji $\mathbf{s} \in \mathbf{S}$:

$$\mathbf{H}'(\mathbf{s}) = (H'_1(\mathbf{s}), \dots, H'_n(\mathbf{s}), \dots, H'_N(\mathbf{s})) \in \mathbf{R}^N.$$

Gra N - osobowa w postaci normalnej nazywamy ciąg G określony następująco:

$$\mathbf{G} = (S_1, \dots, S_n, \dots, S_N, \mathbf{H}').$$

Zdefiniowane wyżej pojęcia są podstawą do przedstawienia pojęć związanych bezpośrednio z grą symulacyjną.

Sytuacja konfliktowa - konstytuuje 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 niezgodne (i najczęściej tak jest). Na wynik końcowy mogą wpłynąć także zdarzenia losowe, np. czynniki fizycznogeograficzne. 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 to taka gra, 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 realizować 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 a symulacją - w grze biorą udział zwykle osoby inne niż twórca modelu symulacyjnego, niż twórca gry oraz 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 (komputerowej gry symulacyjnej) 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 tej strony. 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 (cele postawione przed grającymi) nie są do końca znane graczom przed uruchomieniem gry i dopiero w jej trakcie można obserwować przebieg wydarzeń. Kolejne różnice między graniem a symulacją przedstawię w punktach:

- symulacja dotyczy interakcji komputera z jedną osobą, badaczem, ekspertem, natomiast granie jest najczęściej 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 musi być zobligowany do jakichkolwiek działań;
- eksperymentator może powtarzać symulację wiele razy, ale gra symulacyjna może w wielu przypadkach wymagać wielu różnych graczy⁶³.

Przeprowadzone badania ankietowe z wybranymi respondentami: pracownikami naukowo-dydaktycznymi AON oraz pracownikami Zespołu Informatyki WLOP w Poznaniu umożliwiły wyodrębnienie najistotniejszych postulatów, które powinien spełniać konstruowany model.

Model (komputerowa gra symulacyjna) powinna:

- działać w rozległych sieciach;

⁶³ Ameljanczyk A, Teoria gier, WAT, Warszawa 1978.

- zapewniać możliwość grania poprzez Internet ;
- posiadać co najmniej dwustopniowy mechanizm autoryzacji;
- posiadać atrakcyjny interfejs z użytkownikiem;
- być obsługiwana przede wszystkim poprzez mysz i klawiaturę;
- bezproblemowo funkcjonować w środowisku MS WINDOWS;
- zawierać elementy multimedialne;
- zapewnić bezużyteczność przechwyconych komunikatów przez przypadkowych użytkowników;
- zapewniać możliwość gry na kilku skalach map;
- umożliwić dołączanie kolejnych map;
- przebiegać w układzie współrzędnych trójwymiarowym;
- odzwierciedlać procesy w czasie rzeczywistym;
- umożliwić cofnięcie gry do określonej chwili czasowej;
- zapewnić możliwość zapisu i odtworzenia gry;
- zapewnić możliwość wysyłania komunikatów dla grających stron;
- posiadać funkcję pauzy;
- zapewnić podgląd grających stron;
- zapewnić automatyczne generowanie wydruków;
- posiadać mechanizm zapamiętywania rejestru zdarzeń na osi czasu;
- umożliwić przerwanie działania programu w dowolnej chwili czasowej;
- umożliwiać dopisywanie/usuwanie grających z listy uprawnionych;
- umożliwiać przenoszenia opracowanej bazy danych;
- zapewnić wizualizację obiektów na w notacji NATO-wskiej;
- zapewnić przyporządkowywania piktogramu do konkretnego obiektu;
- grupowanie obiektów występujących w grze na bazie znanego interfejsu outlook-a lub/i rozwijanego menu w formie zakładek;
- zapewnić nawigację na mapie za pomocą myszy i kursorów z klawiatury lub specjalnie do tego opracowanymi strzałkami nawigacyjnymi;
- zapewnić zapamiętywanie i odczytywanie wcześniej przygotowanych opracowań (scenariuszy);
- posiadać najwięcej mechanizmów skojarzonych z funkcją czasu;
- być przyjazna w obsłudze.

Wszystkie te postulaty i wiele innych zostało spełnionych już w aplikacjach testowych. To właśnie one pozwoliły na taką precyzję określenia powyższych wymagań.

3.2. Założenia i ograniczenia zapisu formalnego

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 (praktycznie w realnych warunkach nie istnieją dwie idealnie takie same struktury walczące przeciw sobie). Budując model w szczególnych przypadkach korzystałem z teorii klasycznych modeli opisujących dynamikę walki, takich jak:

- Modele Lanchestera (do sformułowania równań dynamiki średnich). W modelu klasycznym Lanchestera spełniony jest szereg postulatów redukujących zjawisko walki do jednego współczynnika. W modelu symulacyjnym funkcjonującym w Centrum Informatyki w Akademii Obrony Narodowej, tym współczynnikiem jest potencjał bojowy wyrażony za pomocą równań różniczkowych. Sądzę, że rozwój metod numerycznych w dziedzinie badań operacyjnych wypracował znacznie skuteczniejsze i bardziej adekwatne mechanizmy formalne wykorzystywane do opisu zależności na polu walki. Modele Pontriagina (do opisanie funkcji maksimum). Modele te zaczerpnięte są z teorii sterowania. Za ich pomocą określa się zależności matematyczne pozwalające na odnalezienie rozwiązań najlepszych w zbiorze dopuszczalnych rozwiązań. Dla przykładu dla zapewnienia obrony np. mostu można umieścić 20 wyrzutni Patriot. Skuteczność
- Modele statystyczne. Cechą charakterystyczną modeli statystycznych jest to, że wynik jest obliczany z pewnym prawdopodobieństwem. Nie można milcząco pominąć faktu, iż w przypadkach, gdy o jednym bardzo istotnym parametrze lub kilku parametrach nie można zdobyć żadnych informacji lub też posiadane informacje są niekompletne. To niedomaganie jest na tyle istotne wówczas,

gdy przyjęte wartości w ustaleniach prognostycznych nie dają określić na odpowiednim poziomie wiarygodności. Powstaje wówczas paradoks, iż właściwie przeprowadzona procedura obróbki statystycznej daje błędne wyniki, gdyż dane wejściowe zawierały błędy dyskretyzujące taką procedurę weryfikującą. Jednak dla modeli statystycznych najistotniejsze jest to, że na polu walki wiele słusznych mechanizmów dotyczących wnioskowania statystycznego jest nieprzydatnych, gdyż dla osiągnięcia celu wykorzystuje się „mechanizm szczególnego przypadku”, który nie podpada pod reguły statystyczne (mechanizmy wnioskowania statystycznego).

- Modele wykorzystujące teorię masowej obsługi (obsługa kolejek). Systemy masowej obsługi są to modele matematyczne systemów, których celem jest obsługa zgłoszeń pojawiających się w losowych odstępach czasu, przy czym czasy obsługi mogą być również losowe. Systemy takie mogą składać się z pojedynczej poczekalni i stanowisk obsługi (prosty SMO), jak również mogą to być złożone SMO (składające się z wielu powiązanych ze sobą prostych SMO). Rozróżniamy wiele typów systemów masowej obsługi, na przykład: otwarte i zamknięte, z zawodnymi i niezawodnymi kanałami obsługi, z różnymi algorytmami przydziału kanału jak również z odmiennymi zasadami korzystania z poczekalni. Przykładem systemu, który można modelować przy pomocy SMO jest przydział czasu na obsługę algorytmu wykonania strzelania przez zestaw raketowy, gdzie wybór dyrektywy strzelania, odpalenie, ... przychodzące zadania są przedstawione odpowiednio jako kanały obsługi, poczekalnię i napływające zgłoszenia. Definiując system masowej obsługi należy określić jego parametry odpowiadające parametrom obiektu rzeczywistego, których wartości należy oszacować lub wyznaczyć. Dla wspomnianego przykładu może to być prawdopodobieństwo obsłużenia zgłoszenia, czas oczekiwania w poczekalni, liczba zgłoszeń znajdujących się w systemie czy też liczba zajętych kanałów obsługi. Znając wartości tych parametrów jesteśmy w stanie określić np. wydajność systemu, czy, jak należy go rozbudować by wykonywał zadania, do których został powołany. Ponadto jest możliwość większego sprawdzenia obciążenia systemu i oszacowania czy jego rozbudowa ma racjonalne uzasadnienie. Dla innych systemów istotnym parametrem może być średni czas bezawaryjnej pracy, liczba awarii podczas obsługi pojedynczego zgłoszenia, czy też oczekiwany czas obsługi. Analityczne metody badania systemów masowej obsługi napotykają jednak

na duże trudności i są realizowane dla dość wąskiej klasy systemów obsługi obiektów rzeczywistych. Popularnym modelem analitycznym opisującym działanie SMO jest model matematyczny, w którym przyjmuje się założenie o wykładniczym strumieniu napływu zgłoszeń do systemu i wykładniczym rozkładzie czasu obsługi. Zostaje jednak cała gama systemów masowej obsługi, dla których modele analityczne są bardzo złożone i skomplikowane. Uzyskanie wyników analitycznych dla tych przypadków jest niezwykle trudne. Można jednak spróbować skorzystać z innych metod badania charakterystyk systemów. W dużym stopniu postulat ten spełniają badania symulacyjne obiektów rzeczywistych. Możliwości metod symulacyjnych są na tyle duże, iż obejmują szeroką klasę systemów mogących służyć jako obiekty, które się modeluje. Ważnym czynnikiem jest też coraz większa moc obliczeniowa systemów komputerowych, a co za tym idzie, coraz krótszy czas trwania eksperymentów symulacyjnych. Z tych względów wydaje się być atrakcyjnym badanie systemów masowej obsługi za pomocą metod symulacji.

W modelu klasycznym Lanchestera spełniony jest szereg postulatów redukujących zjawisko walki do jednego współczynnika. W modelu symulacyjnym funkcjonującym w Centrum Informatyki w Akademii Obrony Narodowej, tym współczynnikiem jest potencjał bojowy wyrażony za pomocą równań różniczkowych. Sądzę, że rozwój metod numerycznych w dziedzinie badań operacyjnych wypracował znacznie skuteczniejsze i bardziej adekwatne mechanizmy formalne wykorzystywane do opisu zależności na polu walki. W modelu klasycznym Lanchestera spełniony jest szereg postulatów redukujących zjawisko walki do jednego współczynnika. W modelu symulacyjnym funkcjonującym w Centrum Informatyki w Akademii Obrony Narodowej, tym współczynnikiem jest potencjał bojowy wyrażony za pomocą równań różniczkowych. Sądzę, że rozwój metod numerycznych w dziedzinie badań operacyjnych wypracował znacznie skuteczniejsze i bardziej adekwatne mechanizmy formalne wykorzystywane do opisu zależności na polu walki.

Mimo, iż w rozprawie nie wykorzystuje bezpośrednio modelu SMO, to jednak model odzwierciedla system otwarty, wielokanałowy z poczekalnią, ograniczoną, (przy ograniczonej poczekalni rozpatruje system z niezawodnymi i zawodnymi kanałami obsługi).

Na podstawie decyzji grających stron, poprzez zarządzanie posiadanymi zasobami, uzyskiwane są informacje, będące podstawą do oceny grających stron

poprzez eksperta - zespół ekspertów (w modelu funkcja ta przypisana jest koordynatorowi).

Model podlega silnym wymuszeniom. Przyjąłem tu mechanizm gry o sumie niezerowej. W grze o sumie niezerowej suma punktów zebranych przez stronę A nie jest równa sumie punktów utraconych przez stronę B⁶⁴. 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 w grze. Gra jest nieskończona - obie strony mają nieskończoną ilość strategii.

Funkcjonowanie gry oparte jest o model ekstensywny. Symulowane procesy mają charakter dynamiczny. Grających stron nie ogranicza się do wyboru proponowanej strategii. Symulacja danego epizodu jest procesem składającym się z wielu etapów.

Określono dwie nawzajem zwalczające się strony „A”/”X”/”CZERWONI” i „B”/”Y”/”NIEBIESCY”, z których każda dysponuje odpowiednimi zasobami środków walki (przyznanymi i przyznawanymi przez koordynatora gry). W wyniku decyzji (posunięć) każda strona może uzyskiwać korzyści lub ponosić straty. Grę kończy decyzja koordynatora lub upływanie zadanego czasu. W skonstruowanym modelu możliwe jest realizowanie decyzji graczy strony „A” i „B” oraz Koordynatora - w sensie ich realizacji, zobrazowania i obserwowania ich skutków, a w uzasadnionych wypadkach wpływania na przebieg zdarzeń. 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 ilość wariantów rozegrania/przećwiczenia danego epizodu.

Dla zobrazowania pewnego procesu myślowego (opartego na metodach z matematyzowanych) przyjąłem, że 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 lub różnorodne dla konkretnych

⁶⁴ Faure, Badania operacyjne, PWN, Warszawa, 1982.

statków powietrznych ze względu, jaki wariant uzbrojenia został zdefiniowany dla danego egzemplarza.

3.2.1. Oznaczenia

Do opisu matematycznego modelu (komputerowej gry symulacyjnej) przyjęto następujące oznaczenia:

$\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{K}$ - strona w grze :odpowiednio $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{K}$;

r_A, r_B, r_K - ilość rodzajów środków walki gracza $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{K}$;

n_A, n_B, n_K - ilość ciągów posunięć gracza \mathbf{A}, \mathbf{B} i \mathbf{K} ;

P_A^c - c -ty ciąg posunięć gracza \mathbf{A} , $c=1\dots n_A$;

P_B^d - d -ty ciąg posunięć gracza \mathbf{B} , $d=1\dots n_B$;

P_K^e - e -ty ciąg posunięć koordynatora \mathbf{K} , $e=1\dots n_K$;

Z_A^i - skuteczny zasięg ognia i -tego rodzaju środka walki gracza \mathbf{A} , $i=1\dots r_A$;

Z_B^j - skuteczny zasięg ognia j -tego rodzaju środka walki gracza \mathbf{B} , $j=1\dots r_B$;

k_A^i - ilość grup rodzaju i -tego gracza \mathbf{A} , $i=1\dots r_A$;

k_B^j - ilość grup rodzaju j -tego gracza \mathbf{B} , $j=1\dots r_B$;

a - łączna ilość grup gracza \mathbf{A} , $a = \sum_{i=1}^{r_A} k_A^i$;

b - łączna ilość grup gracza \mathbf{B} , $b = \sum_{j=1}^{r_B} k_B^j$;

R_A^s - rodzaj środków walki wchodzących w skład s -tej grupy gracza \mathbf{A} , $s=1\dots k_A^i$;

R_B^q - rodzaj środków walki wchodzących w skład q -tej grupy gracza \mathbf{B} , $q=1\dots k_B^j$;

G_A^s - ilość środków walki w s -tej grupie gracza \mathbf{A} na początku gry,

$$s=1\dots k_A^i ;$$

G_B^q - ilość środków walki w q -tej grupie gracza \mathbf{B} na początku gry,

$$q=1\dots k_B^j ;$$

E_A^i - teoretyczny wskaźnik efektywności i -tego rodzaju środka walki gracza A ,
 $i=1...r_A$,

gdzie:

- 1 – dla zasobów typu 1,
- 2 - dla zasobów typu 2,
- :
- N-1 - dla zasobów typu N-1,
- N - dla zasobów typu N,

Gdzie w szczególnym przypadku można przyjąć, że zasób typu 2 ma dwukrotnie większy potencjał bojowy od zasobów typu 1, zaś zasób typu 2 ma dwukrotnie większy potencjał bojowy od zasobów typu 1.

E_B^j - teoretyczny wskaźnik efektywności j -tego rodzaju środka walki gracza B ,
 $j=1...r_B$,

gdzie:

- 1 – dla zasobów typu 1,
- 2 - dla zasobów typu 2,
- :
- N-1 - dla zasobów typu N-1,
- N - dla zasobów typu N,

$S_{A_s}^i$ - współczynnik strat dla gracza A odpowiadający utracie środka walki i -tego rodzaju, $i=1...r_A$;

$S_{A_k}^j$ - współczynnik korzyści dla gracza A odpowiadający zniszczeniu graczowi B j -tego rodzaju środka walki, $j=1...r_B$;

$S_{B_s}^j$ - współczynnik strat dla gracza B odpowiadający utracie j -tego rodzaju środka walki, $j=1...r_B$;

$S_{B_k}^i$ - współczynnik korzyści dla gracza B odpowiadający zniszczeniu graczowi A i -tego rodzaju środka walki, $i=1...r_A$;

3.2.2. Model ubywania zasobów

W modelu przyjęto, 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), co odzwierciedla faktyczne zdarzenia na polu walki.

Taki model, oparty na zdarzeniach, można sprowadzić w sensie probabilistycznych przewidywań do funkcji wykładniczej o podstawie 2^{65} . Wykładnikiem funkcji ($y=2^{(-x)}$) jest iloraz potencjału bojowego gracza „A” i „B”.

Pod pojęciem potencjału bojowego grupy przyjęto łączną siłę oddziaływania grupy (na potrzeby przykładu przyjęto szczególny przypadek (nie chodzi tutaj o rozwiązanie pewnej klasy problemu, a o pokazanie idei, mechanizmów matematycznych), gdzie wartość tego parametru wynosi 1 gracza z uwzględnieniem zarówno parametrów (w sensie matematycznym wskaźników) ilościowych, jakościowych i przestrzennych. Każdy z obiektów reprezentowanych w grze został opisany zbiorem parametrów. Parametry te podzielono na dwa typy wskaźników:

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

Potencjał bojowy grupy jest proporcjonalny do ilości środków walki znajdujących się na jej wyposażeniu w danej chwili, poza tym efektywności tych środków walki względem środków przeciwnika, rodzaju prowadzonych działań i odległości do celu (przeciwnika jako celu na który się oddziałuje). Przy takim ujęciu problemu zachodzą następujące zależności :

$$\Phi_A^{s,g}(t_p) = N_A^{s,g}(t_p) \cdot E_A^{R^s} \cdot K_A^{s,g}(t_p) \cdot W_A^{s,g}(t_p),$$

$$g=1... l_A^s(t_p), s=1... k_A^i;$$

$$\Phi_B^{q,f}(t_p) = N_B^{q,f}(t_p) \cdot E_B^{R^q} \cdot K_B^{q,f}(t_p) \cdot W_B^{q,f}(t_p),$$

$$f=1... l_B^q(t_p), q=1... k_B^j;$$

Ponieważ w czasie walki poszczególne obiekty (grupy) ulegają niszczeniu, więc za każdym razem istnieje konieczność przenieumerowania indeksów **g** i **f**,

gdzie :

$$\Phi_A^{s,g}(t_p) - \text{moc bojowa } s\text{-tego grupy gracza } \mathbf{A} \text{ w walce z } g\text{-tą}$$

grupą gracza **B** w chwili t_p ;

⁶⁵ Amelińczyk A, Teoria gier, WAT, Warszawa, 1978.

$\Phi_B^{q,f}(t_p)$ - moc bojowa q -tej grupy gracza **B** w walce z f -tą

grupą gracza w chwili t_p **A** ;

$l_A^s(t_p)$ - liczba grup gracza **B**, z którymi walczy w chwili t_p s -ta

grupa gracza **A** ;

$l_B^q(t_p)$ - liczba grup gracza, **A** z którymi walczy w chwili t_p q -ta

grupa gracza **B**;

$N_A^{s,g}(t_p)$ - liczba środków walki w s -tej grupie gracza **A**, które biorą

udział w walce z g -tą grupą gracza **B** w chwili t_p ,

$$N_A^{s,g}(t_p) = \frac{N_A^s(t_p)}{l_A^s(t_p)} ;$$

$N_B^{q,f}(t_p)$ - liczba środków walki w q -tą grupą gracza **B**, które biorą

udział w walce z f -tą grupą gracza **A** w chwili t_p ,

$$N_B^{q,f}(t_p) = \frac{N_B^q(t_p)}{l_B^q(t_p)} ;$$

$N_A^s(t_p)$ - liczba środków walki w s -tą grupą gracza **A** w chwili t_p ,

$$N_A^s(t_0) = G_A^s , G_A^s$$

$N_B^q(t_p)$ - liczba środków walki w q -tą grupą gracza **B** w chwili t_p ;

$$N_B^q(t_0) = G_B^q , G_B^q$$

$K_A^{s,g}(t_p)$ - współczynnik określający rodzaj prowadzonych działań

bojowych przez s -ty oddział gracza **A** w stosunku do g -tego

oddziału gracza **B** w chwili t_p , gdzie:

1 - dla zasobów typu 1,

2 - dla zasobów typu 2,

:

N-1 - dla zasobów typu N-1,

N - dla zasobów typu N,

Oznacza to, że siły grup (pojedynczych obiektów) o tych samych składach ilościowych i jakościowych są równe wtedy, gdy atakujących sił jest 3 razy więcej niż broniących się. Zasada ta w przypadku OP nie ma zastosowania. Zapis matematyczny opisanego zdarzenia można sformułować następująco:

$K_B^{q,f}(t_p)$ - współczynnik określający rodzaj prowadzonych działań bojowych przez q-tą grupę gracza B w stosunku do f-tej grupy gracza A w chwili t_p ,
gdzie:

- 1 - dla zasobów typu 1,
- 3 - dla zasobów typu 3,

$W_A^{s,g}(t_p)$ - współczynnik określający wpływ odległości s-tej gracza „A” od g-tej grupy gracza „B” z którym walczy w chwili t_p .

W szczególnym przypadku przyjąłem, że jeśli ta odległość jest mniejsza od połowy zasięgu rażenia danego środka walki, to $W_A^{s,g}(t_p) = 2$,

w przeciwnym przypadku

$$W_A^{s,g}(t_p) = \frac{N_A^{s,g}(t_p) \cdot Z_A^s}{odl_A^{s,g}(t_p)},$$

gdzie:

$odl_A^{s,g}(t_p)$ - odległość s-tej grupy gracza A od g-tej grupy gracza B w chwili t_p ;

Z_A^s - zasięg skuteczny ognia środków walki grupy s-tej gracza A;

$W_B^{q,f}(t_p)$ - współczynnik określający wpływ odległości q-tej grupy gracza B od f-tej grupy gracza A z którym walczy w chwili t_p .

Analogicznie jak dla gracza A, jeśli ta odległość jest mniejsza od połowy zasięgu rażenia danego środka walki, to $W_B^{q,f}(t_p) = 2$,

w przeciwnym przypadku

$$W_B^{q,f}(t_p) = \frac{N_B^{q,f}(t_p) \cdot Z_B^q}{odl_B^{q,f}(t_p)},$$

gdzie:

$odl_B^{q,f}(t_p)$ - odległość q-tej grupy gracza B od f-tej

grupy gracza A w chwili t_p ,

Z_B^q - zasięg skuteczny ognia środków walki oddziału q-tego

gracza B;

Jeśli $\Phi_A^{s,g}(t_p) > \Phi_B^{q,f}(t_p)$ to wygrywa gracz „A” (tzn. traci on mniej środków walki niż gracz „B”), oczywiście tylko dla przypadku, gdy koordynator tak zdefiniuje kryterium wygranej. Jednak główną przesłanką do formułowania kryterium powinien być cel OP, (czyli podstawowa funkcja obiektu, który był broniony – przed, w trakcie i po obronie nie została zakłócona), w przeciwnym przypadku wygrywa gracz „B”. Jeżeli moce bojowe są równe, to gracze tracą taką samą ilość środków walki. Liczbę ocalałych środków w danej bitwie dla oddziałów każdego z graczy oceniano następująco :

$$N_A^{s,g}(t_p) = N_A^{s,g}(t_{p-1}) - (N_A^{s,g}(t_{p-1})) \cdot 2^{\frac{-\Phi_A^{s,g}(t_p)}{\Phi_B^{q,f}(t_p)}} \cdot \frac{t_p - t_{p-1}}{\Delta t} \cdot U(\Delta t)$$

$$N_B^{q,f}(t_p) = N_B^{q,f}(t_{p-1}) - (N_B^{q,f}(t_{p-1})) \cdot 2^{\frac{-\Phi_B^{q,f}(t_p)}{\Phi_A^{s,g}(t_p)}} \cdot \frac{t_p - t_{p-1}}{\Delta t} \cdot U(\Delta t)$$

gdzie:

Δt - stały odcinek czasu będący podstawą do uwzględnienia różnic w ubytku zasobów w zależności od czasu trwania walki (dzięki temu, że Δt jest stałe, a $(t_p - t_{p-1})$ może być różnej długości różnica ta wpływa na ubytek zasobów w czasie. Im jest ona większa tym ubytek również większy).

$U(\Delta t)$ - współczynnik procentowego ubytku środków walki w przedziale czasu Δt musi wynikać z konkretnego zdarzenia – założmy, że dla lotniska podczas nalotu pary samolotów wartość ta będzie stała i będzie wynosić $U=2\%=0.2$;

t_p - chwila w grze, $p=1, \dots, k$;

t_0 - chwila rozpoczęcia gry;

$t_{p-1} = t_0$ - dla $p=1$;

Interpretacja zależności:

Założmy, że stosunek mocy bojowych zasobów gracza A i gracza B wynosi :

$$\frac{\Phi_A^{1,2}(t_p)}{\Phi_B^{2,1}(t_p)} = 3,$$

tzn. grupa nr 1 gracza A jest 3 razy silniejsza od oddziału nr 2 gracza B (w danym momencie czasowym). Z funkcji wykładniczej można odczytać, że wartością funkcji dla argumentu 3 jest liczba około 0,13 natomiast dla argumentu 1/3 (tzn. dla stosunku mocy bojowej gracza B do gracza A) wartością tą jest liczba ok. 0,85. Podstawiając te wartości do zależności otrzymamy :

$$N_A^{1,2}(t_p) = N_A^{1,2}(t_{p-1}) - (N_A^{1,2}(t_{p-1}) \cdot 0,13 \cdot \frac{t_p - t_{p-1}}{\Delta t} \cdot 0,2)$$

$$N_B^{2,1}(t_p) = N_B^{2,1}(t_{p-1}) - (N_B^{2,1}(t_{p-1}) \cdot 0,85 \cdot \frac{t_p - t_{p-1}}{\Delta t} \cdot 0,2)$$

Przyjmijmy, że $t_p - t_{p-1} = \Delta t$ wówczas

$$N_A^{1,2}(t_p) = N_A^{1,2}(t_{p-1}) - (N_A^{1,2}(t_{p-1}) \cdot 0,13 \cdot 0,2)$$

$$N_B^{2,1}(t_p) = N_B^{2,1}(t_{p-1}) - (N_B^{2,1}(t_{p-1}) \cdot 0,85 \cdot 0,2)$$

Stąd

$$N_A^{1,2}(t_p) = N_A^{1,2}(t_{p-1}) - 0,026 \cdot N_A^{1,2}(t_{p-1})$$

$$N_B^{2,1}(t_p) = N_B^{2,1}(t_{p-1}) - 0,17 \cdot N_B^{2,1}(t_{p-1})$$

czyli

$$N_A^{1,2}(t_p) = 0,974 \cdot N_A^{1,2}(t_{p-1})$$

$$N_B^{2,1}(t_p) = 0,83 \cdot N_B^{2,1}(t_{p-1})$$

Wynika stąd, że liczba środków walki jakimi dysponowała będzie grupa nr 1 gracza „A” w chwili t_p jest $0,974/0,83=1,17$ razy większa niż dla grupy nr 2 gracza „B”.

Interpretując z kolei funkcję ubywania zasobów należy zwrócić uwagę na jedną istotną cechę tej funkcji. Zatem podstawą funkcji jest 2 natomiast wykładnikiem iloraz mocy bojowych graczy. Funkcja ta ma bardzo ważną własność. Otóż 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. Powracając do przykładu, z funkcji dla argumentu 3 można odczytać wartość w przybliżeniu równą 0.13 natomiast dla argumentu 1/3 (stosunek mocy gracza „B” do gracza „A”, trzy razy mniejszy) - wartość ta wynosi około 0.85. Wynika z tego, że gracz „A” straci 0.85/0.13 razy mniej środków walki niż gracz „B”. W modelu symulacyjnym wartość ta mogłaby być wyliczana deterministycznie, bądź też losowana z rozkładem np. normalnym o wartości oczekiwanej równej ilorazowi mocy bojowych graczy i ustaloną wariancją.

Po przeprowadzeniu takiej sekwencji rozumowania wydaje się, iż próba określania wyników walki poprzez deterministyczny i probabilistyczny aparat matematyczny daje wyniki niejednoznacznie interpretowalne, chociażby z powodu trudności opisanie odpowiednimi funkcjami zależności na polu walki. Brak jest ponadto danych jaką mają charakterystykę, wg jakich rozkładów należałoby je rozpatrywać.

Zatem główną konkluzją wynikającą z przeprowadzonych badań jest postulat odejścia od zamiaru zmatematyzowania wszystkich aspektów powietrznego wymiaru działań.

3.2.3. Bilans strat i korzyści

Bieżące monitorowanie stanu gry i związanych z tym stanów zasobów graczy „A” i „B” wymaga oszacowania bilansu strat i korzyści po każdym pojedynku.

Dla gracza A :

$$BS_A(t_p) = \sum_{s=1}^a S_{A_m}^{R_A^s} \cdot (G_A^s - N_A^s(t_p)),$$

$$BK_A(t_p) = \sum_{q=1}^b S_{A_p}^{R_B^q} \cdot (G_B^q - N_B^q(t_p)),$$

Dla gracza B :

$$BS_B(t_p) = \sum_{q=1}^b S_{B_m}^{R_B^q} \cdot (G_B^q - N_B^q(t_p)),$$

$$BK_B(t_p) = \sum_{s=1}^a S_{B_p}^{R_A^s} \cdot (G_A^s - N_A^s(t_p)); \quad .$$

gdzie:

$BS_A(t_p), BS_B(t_p), BK_A(t_p), BK_B(t_p)$ - bilans strat odpowiednio gracza A i gracza B oraz bilans korzyści gracza A i gracza B do chwili t_p ;

Jak wynika z przyjętych powyżej zależności ogólny bilans strat (korzyści) dla każdego z graczy jest równy sumie bilansów strat (korzyści) jakie odniosła każda ze struktur organizacyjnych reprezentowanych w grze (np. eskadra, klucz, para, dywizjon), będąca konkretną reprezentacją obiektów fizycznych strony (gracza) w walce do chwili t_p . Ten konkretny przypadek ukazuje wyizolowany epizod gry o tzw. sumie zerowej (w aspekcie potencjału bojowego). Ale w przypadku, gdy równanie to wzbogacimy chociażby o jedną dodatkową zmienną np. skuteczność oddziaływania (a z przeprowadzonych badań i konsultacji wynika jednoznacznie, że powinna być taka zmienna) - model stanie się modelem o sumie niezerowej. Oznacza to, że utrata potencjału bojowego jednej ze stron nie w każdym przypadku będzie wykorzystana. Oznacza to kolejny stopień komplikacji poprzez dalsze zmatematyzowanie modelu.

Jak widać na podstawie przytoczonego przykładu - nawet tak „wulgarnie” uproszczony model walki (ukazujący wycinek jednego epizodu pola walki) jest mało czytelny w swoim zapisie matematycznym. Toteż z podrozdziału tego wynika potrzeba redukcji takich zapisów do postaci bardziej nadającej się do wykorzystania przy implementacji. Mimo, iż zapis matematyczny jest już na tym etapie mało przejrzysty, to i tak nie uwzględnia wszystkich istotnych zmiennych, które muszą być brane pod uwagę przy modelowaniu powietrznego pola walki.

Zgodnie z zadeklarowanym podejściem spiralnym konstruowania modelu, w dalszej części tego rozdziału przedstawię kolejne fazy jego budowy. Opisywany tu etap prac badawczych rozpoczyna praktyczne już konstruowanie systemu informatycznego (narzędzia weryfikującego), którą to postać sprawozdania z badań uważam za najbardziej zaawansowaną formę reprezentacji modelu, będącego treścią dysertacji.

3.3. Koncepcja systemu informatycznego

Wykorzystując zdefiniowane komponenty powietrznej rzeczywistości oraz decydując się na ich metodę sformalizowanego ich opisu rozpocząłem konstruowanie

systemu informatycznego. Analiza literatury opisującej systemy informatyczne w postaci gier wojennych, ale przede wszystkim indywidualne konsultacje z promotorem utwierdziły mnie w przekonaniu, iż konstruowany system musi odwoływać się do najnowszych osiągnięć w dziedzinie informatyki, do najbardziej obiecujących trendów, w szerokim tego słowa znaczeniu. Postanowiłem maksymalnie wzorować się na najlepszych i najatrakcyjniejszych mechanizmach z zakresu informatyki, mając jednocześnie świadomość, że konstruowanie takiej gry jest bardzo czasochłonnym przedsięwzięciem, przy ograniczonym dostępie do najnowszej literatury opisującej te mechanizmy. Przykładem może być pakiet DirectX, który zaproponowany przez Microsoft w postaci uatrakcyjnienia interfejsu z użytkownikiem w wersji 4, był zupełnie pomijany w fachowej literaturze informatycznej. Aktualnie wersja DirectX 8.0a w dużej części jest dostępna na większości serwerów www i ftp o tematyce graficznej.

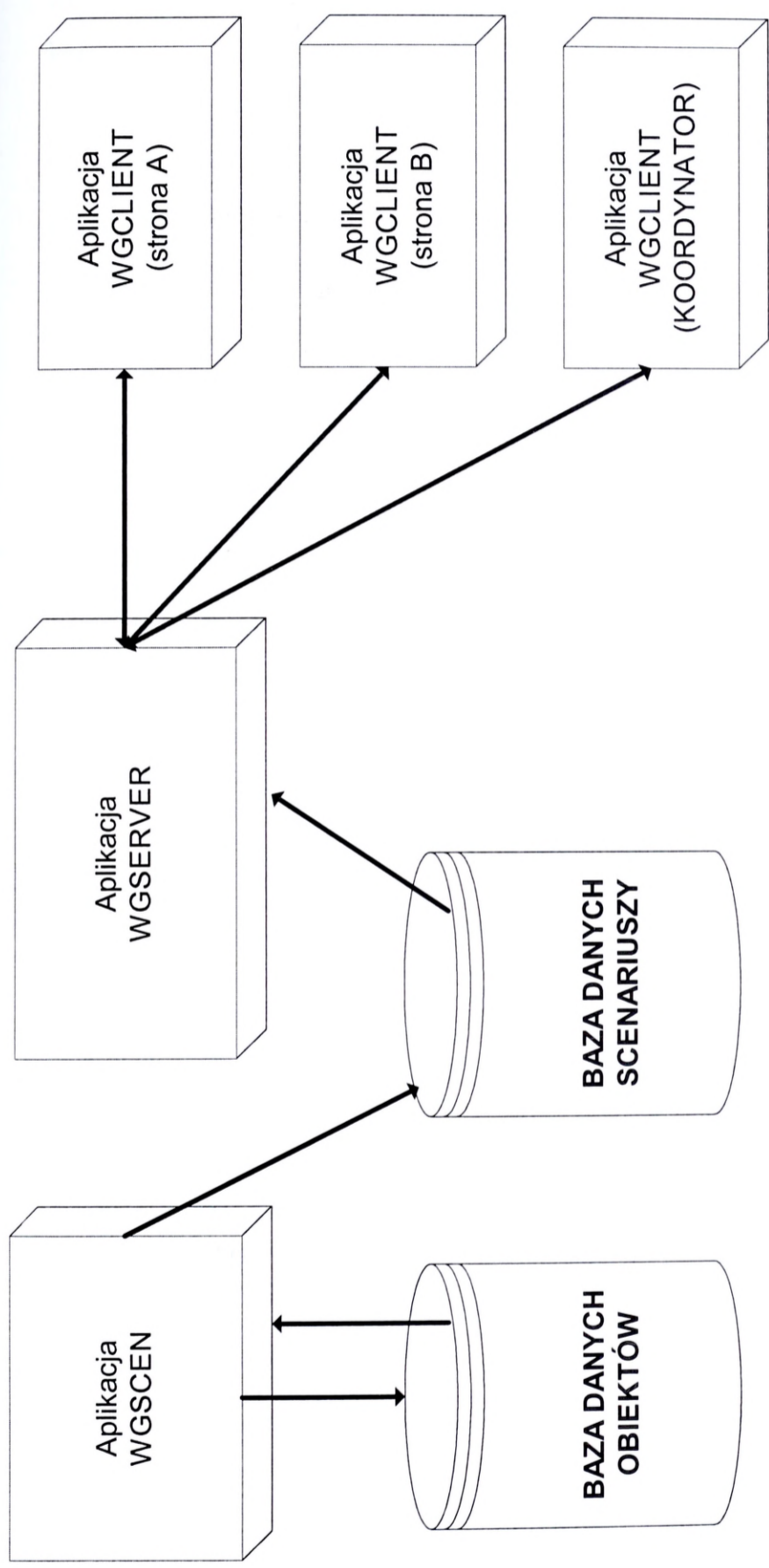
Idea zaproponowanego przeze mnie systemu informatycznego w formie gry - opiera się na trzech zależnych względem siebie aplikacjach. Nazwy zaczerpnąłem z języka angielskiego gra wojenna (ang. war game) – skrót WG. Nazwy aplikacji WGSCEN, WGSERVER, WGCLIENT - oczywiście z rozszerzeniami exe.

- Aplikacja WGSCEN pozwala wykreować bazę danych i skonstruować scenariusz.
- Aplikacja WGSERVER jest serwerem programowym do przetwarzania danych szybkozmiennych.
- Aplikacja WGCLIENT zapewnia użytkownikowi interfejs do gry.

3.3.1. Komunikacja

Podstawy komunikowania się programów, tzn. komunikacji programu WGSERVER z WGCLIENT (serwer z użytkownikami) oparte są na wewnętrznym protokole transmisji opartym na TCP/IP (ang. Transmission Control Protocol). Należało zatem opracować wewnętrzny protokół komunikacji dla tych aplikacji. Następnym krokiem powinna być konstrukcja biblioteki obiektów, scenariuszy (co najmniej jeden) i opracowanie mechanizmów przetwarzania dynamicznego danych szybkozmiennych dla obiektów. Najważniejszym w tym było zapewnienie mechanizmów dostarczania pakietów, bez użycia połączenia, co de facto stanowi podstawę protokołu IP. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że IP nie gwarantuje dostarczenia datagramu⁶⁶ do

⁶⁶ Datagramy są obsługiwane przez oprogramowanie. Mogą zatem mieć dowolną długość wybraną przez projektanta. W formacie datagramu pole długości całkowitej może mieć najwyżej 16



NR RYS. 3.3.1.	TYTUŁ: IDEA KOMPUTEROWEJ GRY WOJENNEJ ZORGANIZOWANA JAKO TRZY ZALEZNE WZGLEDEM SIEBIE APLIKACJE		PROJEKTOWAŁ: KREŚLIŁ:	por. J. Zych	2001.09.27	24/14	MODEL WALKI SIL OP SZCZEBLA TAKTYCZNEGO
	BEZ SKALI	por. J. Zych		2001.09.27	24/14		

adresata, lecz w przypadku odrzucenia tego datagramu sygnalizuje ten fakt jako błąd maszynie-nadawcy i serwer nie podejmuje więcej akcji obsługi tego zdarzenia. Uznane za niezawodne jest przesyłanie strumieni, czyli wykorzystanie **protokołu kontroli transmisji**. TCP uznany jest za wiarygodny z punktu widzenia dostarczania datagramu. Jednakże jego implementacja jest znacznie bardziej skomplikowana. Warto zasygnalizować fakt, iż protokół TCP, będąc drugą najważniejszą usługą w sieciach komputerowych, wraz z IP dał nazwę całej rodzinie protokołów TCP/IP. Pomimo związku z protokołem IP - TCP jest protokołem w pełni niezależnym i na potrzeby gry gwarantuje stabilność dostarczania informacji. Możliwe jest używanie go zarówno w pojedynczej sieci takiej jak Ethernet/FastEthernet/GigaEthernet jak i w skomplikowanej intersieci (mam na myśli Internet).

Protokół TCP wybrałem również dlatego, iż organizuje on dwukierunkową współpracę między warstwą IP, a warstwami wyższymi, uwzględniając przy tym wszystkie aspekty priorytetów i bezpieczeństwa. Musi prawidłowo obsłużyć niespodziewane zakończenie aplikacji, do której właśnie wędruje datagram, musi również bezpiecznie izolować warstwy wyższe - w szczególności aplikacje użytkownika - od skutków awarii w warstwie protokołu IP. Zebranie wszystkich tych aspektów w jednej warstwie umożliwia znaczną oszczędność nakładów na projektowanie oprogramowania. TCP rezyduje w modelu warstwowym powyżej warstwy IP. Warstwa ta jest jednak obecna tylko w tych węzłach sieci, w których odbywa się rzeczywiste przetwarzanie datagramów przez aplikacje, tak więc nie posiadają warstwy TCP na przykład routery, gdyż warstwy powyżej IP nie byłyby obciążane żadnymi zadaniami.

Przyjęty i przedstawiony powyżej mechanizm i wybrany system operacyjny MS WINDOWS zapewnia wielozadaniowość, tzn. umożliwia jednoczesne wykonywanie wielu programów użytkowych czyli realizację wielu procesów. Ale należy dostrzec poważny mankament w mechanizmie adresowania i przesyłania datagramów. Nie jest rozróżniany użytkownik ani program użytkowy, do których jest skierowany taki datagram. Zachodziła więc potrzeba rozszerzenia zestawu protokołów o mechanizm, który pozwoliłby rozróżniać adresy w obrębie pojedynczego komputera.

bitów, co ogranicza datagram do 65535 bajtów. Aby datagram mógł przemieścić się od jednej maszyny do drugiej musi być przeniesiony przez bazową sieć fizyczną. Aby transport ten był efektywny, należałoby zagwarantować, żeby każdy datagram przenoszony był w oddzielnej fizycznej ramce. Rozwiązanie, w którym jeden datagram przenoszony jest przez jedną ramkę sieciową jest nazywane kapsułkowaniem (ang. encapsulation). Datagram zachowuje się wówczas jak każdy inny komunikat przesyłany z jednej maszyny do drugiej. Sprzęt nie rozpoznaje formatu datagramu ani nie rozumie adresu docelowego IP. Dlatego gdy jedna maszyna przesyła datagram IP do drugiej, cały datagram podróżuje w części ramki sieciowej przeznaczonej na dane.

Taki mechanizm zaprojektowałem i oprogramowałem na potrzeby gry. W konsekwencji aplikacja WGCLIENT ma zaszyty w sobie port nr XXXX. Są również inne powody, dla których adresowanie wprost do konkretnego procesu byłoby błędne. Główne z nich to: procesy tworzone i likwidowane są dynamicznie, nadawca ma zbyt mało informacji, aby wskazać proces na innej jednostce centralnej komputera, zaś przeładowanie (zbyt duża ilość zgłoszeń) systemu operacyjnego spowoduje zmianę wszystkich procesów. Wreszcie biorący udział w grze muszą mieć możliwość określania odbiorców na podstawie realizowanych przez nich funkcji, nie wiedząc, który proces realizuje te funkcje, ponadto w systemach umożliwiających pojedynczym procesom obsługę więcej niż jednej funkcji odbiorca musi koniecznie mieć możliwość ustalenia, jakiej funkcji życzy sobie nadawca.

Zamiast więc procesów jako ostatecznych odbiorców komunikatów wprowadzony został zbiór abstrakcyjnych punktów docelowych zwanych **portami protokołów** (podstawowa technika hackerów). Każdy port jest identyfikowany za pomocą dodatniej liczby całkowitej. Lokalny system operacyjny zapewnia mechanizm interfejsu, który pozwala procesom na określenie portu i dostępu do niego.

W celu połączenia się z odległym portem nadawca musi znać adres IP komputera docelowego, jak i numer docelowego portu protokołu na nim. Każdy komunikat musi zawierać numer portu odbiorcy na komputerze, do którego został wysłany, oraz numer portu nadawcy na komputerze, do którego mają być adresowane odpowiedzi. Dzięki temu dowolny proces odbierający komunikat może wysłać odpowiedź do nadawcy.

Numer IP użytkownik WGSERVER może odczytać na wiele sposobów. Najprostszym z nich to: odczytanie z programu zamieszczonego w katalogu `..\system` o nazwie `WINIPCFG.EXE`. Numer IP serwera pozwala w sposób jednoznaczny i unikatowy w skali światowej zaadresować dany komputer na którym jest uruchomiony program WGSERVER. Dość naturalną analogią jest obsługa pacjentów w punkcie krwiodawstwa, gdzie istnieje system przyporządkowywania klientów do okienek, w których są obsługiwani przez odpowiedni personel. Pacjent będąc w takim punkcie wie, że ma się zgłosić do okienka x , niestety, tam jest kolejka, ale dowiaduje się, że będzie obsłużony w okienku $x+3$, więc przechodzi do okienka $x+3$, a tam inna pielęgniarka czeka tylko na niego (oczywiście po ty, by pobrać krew). Podsumowując tę część podrozdziału – przyjęcie mechanizmu adresowania IP pozwoliło na jednoznacznie identyfikowanie komputera biorącego udział w grze.

W pracy wykorzystuję również bardzo zaawansowaną technologię informatyczną odwołującą się do obsługi portów. Aplikacje (a precyzyjniej usługi, procesy sieciowe) pracujące na tej samej stacji (serwerze) używają tego samego adresu IP - który identyfikuje stację w sieci. Niezależność między procesami zapewniają numery portów, które po zajęciu przez dany proces są już niedostępne dla innego procesu. Dzięki temu wszystkie procesy działają na porcie XXXX. Wydaje się to paradoksalne, ale właśnie na tym polega mój pomysł komunikacji z serwerem. Otóż serwer rezerwuje port XXXX i tworzy gniazdo (SOCKET) w trybie LISTEN - nasłuchiwanie. Wszystkie próby połączenia z serwerem na tym porcie trafiają do tego gniazda. Zadaniem tego gniazda jest odebranie połączenia i wygenerowanie nowego gniazda (już z innym numerem portu) i w konsekwencji spowodowanie, że „nowy klient” (nowy proces, który chciał się połączyć z serwerem uzyskuje połączenie już z tym nowym gniazdem. To nowe gniazdo przejmuje na siebie obsługę utworzonego połączenia - pracuje w trybie CONNECT. A gniazdo XXXX czeka na kolejne połączenie, jeżeli ono nastąpi - otrzyma unikalny (wolny w danej sesji) numer portu. Teoretycznie można mieć do takiego rozwiązania wiele zastrzeżeń, praktycznie po wykonaniu więcej niż 1000 testów ani razu nie wystąpił błąd.

3.3.2. Metoda symulacji - a czas cyklu

W modelu przyjąłem, iż możliwa będzie realizacja decyzji wszystkich graczy sekwencyjnie. Metoda jaką zastosowałem do symulacji jest metodą kolejnych zdarzeń w cyklu ~1000 ms. Wystąpienie zdarzeń jest spowodowane wprowadzeniem decyzji przez grających. W programie WGSEVRER monitorowałem poprzez pole podglądu czas cyklu przetwarzania danych. Czas między kolejnymi cyklami wymuszeń ustaliłem w milisekundach. Programowo okres obliczeń ustawiony jest na 1000 ms, czyli jedną sekundę. Ale w pewnych sytuacjach obliczenia mogą się nie zakończyć w tym czasie, czyli dla ukończenia pełnego cyklu obliczeń potrzebny jest dodatkowy czas. Należy również wspomnieć o innych przyczynach, w wyniku których krok obliczeń może odbiegać od założonej wartości jednej sekundy. Są nimi: po pierwsze upływ czasu między kolejnymi wymuszeniami (jest zdefiniowany za pomocą funkcji SetTimer w milisekundach). System powinien przysyłać do wskazanego okna (programu) komunikat WM_TIMER jeden raz na okres podany w tej funkcji. Należy zwrócić uwagę na istotną cechę systemu, tzn. system nie liczy czasu z dokładnością do 1 ms, a jedynie z krokiem w przedziale 40 - 60 ms. Toteż łatwo zauważyć, że zaistnieje taki przypadek, gdzie 1000 podzielone przez ten krok nie będzie liczbą całkowitą. Czyli już

w tym momencie istnieje niebezpieczeństwo, że cały cykl obliczeń nie zamknie się w przedziale założonego czasu, czyli 1000 ms. I nie mniej istotna kwestia - procedura obliczeniowa nie jest wywoływana od razu po osiągnięciu założonego czasu. System wstawia do kolejki komunikat WM_TIMER, aplikacja WGSERVER ten komunikat odbiera, dekoduje, przetwarza i dopiero wtedy wywołuje procedurę bezpośrednio odpowiedzialną za przetwarzanie obiektów. Na drodze tej mogą pojawić się przypadkowe opóźnienia spowodowane zajętością procesora przez inne zadania dla procesora (o niższej liczbie czyli wyższym priorytecie). Ponadto do opóźnień mogą też przyczynić się operacje transmisji danych przez Internet. Testy z użytkownikami (POZNAŃ-GDYNIA, POZNAŃ-WARSZAWA, POZNAŃ-ALABAMA (USA), nie potwierdziły jednoznacznie tej diagnozy. Ale jest rzeczą oczywistą, że problemy transmisyjne będą wpływały na pętlę obliczeń. W związku z tym przyjąłem, że nie można bezpośrednio w obliczeniach założyć, że będą one dokonywane z ustalonym krokiem. Racjonalnym wyjściem z tej sytuacji jest pomiar czasu jaki upłynął między kolejnymi komunikatami (wymuszeniami). Funkcja do pomiaru czasu GetTickCount() zwraca ilość milisekund jaka upłynęła od włączenia systemu. Przykład: obliczenia wymuszające przesunięcie obiektów na mapie, znając czas i prędkość, robią to dla czasu jaki faktycznie upłynął od ostatniego przesunięcia. W programie WGSERVER zobrazowywałem ten upływ czasu w dodatkowym polu. Na różnej klasy sprzęcie (ale nie gorszym niż AMD/700MHz/128RAM/karta graficzna 32MB) parametr ten zmienia się od 990 ms do 1200 ms, nawet przy połączeniach na większe odległości (POZNAŃ-ALABAMA-USA). Inne testy - dla jednego komputera, dla czasu mniejszego od 1 sek: (dla 0.5 sekundy jeszcze działa prawidłowo, dla 0.1 sekundy zbyt duże opóźnienia) w stosunku do programu WGCLIENT. Dla pracy przez Internet być może należałoby wydłużyć ten czas, ale kontrargumentem jest bardzo dynamicznie zwiększająca się moc obliczeniowa komputerów. Zaczynając pracę tendencję schyłkową wykazywał 486/66MHz, a na rynek wchodził Pentium 100MHz. W tej chwili ten sprzęt poza rynkiem wtórnym nie istnieje. Standardem dzisiaj jest procesor taktowany z częstotliwością 1,7 GHz. Na takim sprzęcie nie prowadziłem testów, nie mniej jednak wydaje się, że coraz większa moc obliczeniowa komputerów i (przede wszystkim) większa przepustowość łączy teletransmisyjnych zredukują powyższy problem do klasy problemów nieistotnych (z punktu widzenia założonych celów).

Podsumowując - cykl obliczeń jest realizowany co ~1 sekunda i co taki okres czasu są aktualizowane dane bez opóźnień. Czyli warunek działania gry w czasie

rzeczywistym tym samym zostaje spełniony. Ponieważ po przetworzeniu pełnej listy zadań (skojarzonych z obiektami, na które wyniki obliczeń mają wpływ) następuje przesyłanie informacji do klientów (wg listy zalogowanych), a następnie przetworzenie tej odebranej informacji przez program WGCLIENT i odpowiednia reakcja – bez przekroczenia progu opóźnienia systemu. Czyli wizualizacja przetworzonych danych na ekranie monitora dedykowanego klienta jest realizowana w czasie rzeczywistym.

3.3.3. Tło mapowe

Wizualizacja symulowanych procesów (w komputerowej grze symulacyjnej) powstałej w ramach rozprawy wymaga tła mapowego spełniającej określone wymagania, m.in.:

- dowolna skala mapy;
- odpowiednia rozdzielczość;
- odpowiedni zasięg;
- możliwość nanoszenia na mapę obiektów;
- wizualizacja obiektów ma być realizowana poprzez piktogramy;
- wizualizacja obiektów złożonych (rozwijanie/zwijanie piktogramów);
- kontrola przestrzeni radiolokacyjnej;
- trójwymiarowość zjawisk;
- łatwość obsługi;
- uwzględnianie możliwości komputera (mocy obliczeniowych);
- możliwość zapełniania nośnika (pojemność dysku twardego).

Dobór informacji wchodzących w skład zestawu danych, tworzących tło mapowe, stanowi kompromis pomiędzy zgłaszanymi przez potencjalnych użytkowników (kadra dydaktyczna z katedry Obrony Powietrznej Akademii Obrony Narodowej i Promotor - prof. ZDRODOWSKI) ogromnymi i bardzo specyficznymi potrzebami, a czasem i kosztami. Te przesłanki determinują:

- jej zasięg terytorialny;
- szczegółowość odwzorowywania danych na mapie;
- przyjętą (przyjęte) skalę (skale) mapy (map);
- przyjęta wielkość piktogramów;
- sposób zobrazowywania symulowanych procesów.

Podstawowe tło mapowe na użytek gry do wyznacza czworokąt sferyczny z wierzchołkami w punktach o następujących współrzędnych geograficznych:

1. ϕ 56°00'00" N λ 6°00'00" E
2. ϕ 48°00'00" N λ 6°00'00" E
3. ϕ 56°00'00" N λ 30°00'00" E
4. ϕ 48°00'00" N λ 30°00'00" E

Zasięg dobrany jest tak, aby mapa obejmowała terytorium Europy oraz stanowiła prostokąt w przyjętym odwzorowaniu kartograficznym. Rozciągłość tego prostokąta wynosi: ok. 3000 km w kierunku wschód-zachód, 2500 km w kierunku północ-południe. W przeliczeniu na skalę mapy daje to prostokąt o rozmiarach 2.25 m x 1.2 m.

Podjąłem próbę wykonania mapy w konforemnym, stożkowym, normalnym odwzorowaniu (odwzorowaniu Lamberta), obliczonym według parametrów elipsoidy Krasowskiego (wynik próby negatywny – otóż okazało się iż mapa tej wielkości wczytuje się ok. 15 min. na PENTIUM II 300 MHz / 64 SDRAM, poza tym jakiegokolwiek operacje na mapie trwały po kilkadziesiąt minut np. przeskalowanie). Zrezygnowałem z części obliczeń, które wydzierzawiały zasoby procesora tworząc mapę o odwzorowaniu konforemnym (przy tej metodzie 18 prostokątów zeskanowanych i posklejanych elektronicznie).

Szerokość i długość geograficzną punktu głównego odwzorowania (środką układu współrzędnych prostokątnych płaskich) ustalono następująco:

$$\phi 52^{\circ}30'00'' \text{ N} \quad \lambda 16^{\circ}30'00'' \text{ E}$$

- Środkiem tła mapowego (wszystkich teł) jest Dworzec Główny PKP w Poznaniu.

Treść mapy podzielono na kategorie informacyjne według kryteriów klasyfikacyjnych stosowanych na większości map topograficznych. Pliki grafiki rastrowej, odpowiadające zakresom treści wyodrębnionym kategoriom mogą stanowić samodzielne warstwy danych mogące służyć do prowadzenia analiz, bazujących na określonych układach obiektów (np. zobrazowanie w odpowiedniej skali korytarzy lotniczych, stref zakazanych).

Przyjęte kategorie informacyjne:

- stacje radiolokacyjne;
- wyrzutnie raketowe;
- lotniska, lądowiska, DOL-e;
- strzałki nawigacyjne;
- speed button-y / wyzwalacze;
- inne obiekty uzupełniające tło mapowe;

- tło topograficzne.

Piktogram – np. reprezentujący lotnisko, statek powietrzny, który zajmuje na ekranie monitora 400 piksli – tyle by zajmował w rzeczywistości. Jednak mniejsze piktogramy w rozdzielczości 800x600x256, na monitorze 15', były nieczytelne, zaś większe również były nieczytelne. Wielkość piktogramu jest rozsądnym kompromisem między czytelnością, a zajętością tła mapowego. Ponadto założyłem, iż użytkownik wykorzystujący mapę (użytkownik gry), będzie na tyle świadomym użytkownikiem, by właściwie interpretować pewne niekonsekwencje wynikające z ograniczeń sprzętowych (rozdzielczość, moce obliczeniowe komputerów klasy IBM PC). Opracowane tła mapowe zapewniają symulację zjawisk modelem przestrzennym trójwymiarowym (x,y,H) terenu z obszaru wydzielonego z mapy będącej materiałem wejściowym w skali 1:1000000 (jeden do miliona). W modelu tym rzeczywiste obiekty geograficzne są reprezentowane przez odpowiednie symbole przenoszące ich przestrzenne, semantyczne i opisowe charakterystyki. Interpretacja symboliki wymaga od użytkownika znajomości znaków taktycznych – zgodnie z oznaczeniami NATO-wskimi.

Definicja obiektu obejmuje jego semantykę wyrażaną przez charakterystyki graficzne, jak również strukturę atrybutów opisowych. Definicja obiektu zawarta jest w relacyjno/obiektywnej bazie danych i zawiera następujące kategorie elementów:

- graficzne;
- tekstowe;
- liczbowe.

Graficzna reprezentacja obiektu obejmuje:

- kształt (postać elementu graficznego) - zgodny z notacją NATO-wską;
- kolor elementu graficznego – zgodny z przyjętą w Wojsku Polskim;
- przynależność do strony reprezentowanej w grze;
- atrybut widoczny/niewidoczny.

Tekstowa reprezentacja obiektu obejmuje:

- etykieta/nazwa obiektu;
- etykiety/nazwy parametrów.

Liczbowa reprezentacja obiektu obejmuje:

- wartości poszczególnych pól.

Charakterystyki opisowe zapisane w bazie danych (w kontekście relacyjnym), dostarczają indywidualnego tekstowego opisu obiektów reprezentowanych w grze wg uprawnień dla poszczególnych stron biorących udział w grze (strona A, strona B,

Koordinator (kierownik ćwiczenia)). Unikalne kombinacje symboliki (przejęte z notacji kartograficznych NATO) pozwalają na ich semantyczne i wizualne zróżnicowanie. Wbudowane w mechanizmy współpracy z relacyjnymi bazami danych pozwalają na związanie grafiki symbolu z rekordem tablicy bazy danych (macierzą lub kolekcją), prezentującym dane opisowe obiektu.

Część z parametrów będzie używana kontekstowo w zależności od użytego elementu graficznego jak również od uprawnień nadanych przez koordynatora gry.

Dla obszarów państw sąsiadujących z Polską nie przedstawiano podziału administracyjnego.

Na potrzeby gry opracowano kilka podkładów mapowych:

- 1:1000000;
- 1:500000 (Pułkowo);
- 1:500000 (NATO-wska) (posklejane elektronicznie 96 prostokątów formatu A4 oraz 19 tzw. ścinków);
- 1:250000;
- 1:500000 (lotnicza, ze strefami zakazanymi, z drogami lotniczymi)

Każda z nich jest znormalizowana, tzn. w pliku inicjacyjnym każda z tych map jest opisana sekwencją danych:

- etykieta mapy;
- pełna ścieżka dostępu do danego z mapą;
- parametry orientujące daną mapę na potrzeby skalowania (chodzi o określenie ile piksli na danej mapie reprezentuje określony odcinek w rzeczywistości). Dla ułatwienia sobie obliczeń przyjąłem odcinek 100 km.

Zastosowany mechanizm jest na tyle uniwersalny, że w praktyce oznacza to, że na dowolnej skali mapy (np.: 1:250000, 1:500000, 1:1000000), na dowolnej wielkości i po dowolnej technice skanowania i sklejanego elektronicznego można zamiennie redagować scenariusz i grać, a wszystkie elementy umieszczone na każdej z nich zostaną przeskalowane. Przyjęcie takiego rozwiązania nie jest przypadkowe. Otóż dzięki temu przeliczeniowemu mechanizmowi precyzyjnie można ustawić każdy z obiektów oraz ustalić dokładnie trasy, punkty zwrotne. Innymi słowy: na dowolnym tle mapowym wykreowany scenariusz można przystosować do dowolnej skali, tzn. fizyczne obiekty znajdą się tam gdzie zostały rozmieszczone wcześniej, na innych podkładach mapowych. Natomiast na potrzeby grania opracowałem mapę 1:1000000,

gdyż widać na niej wystarczająco duży obszar i wystarczająco dużą ilość obiektów. Ale oczywiście użytkownik decyduje o tym na jakim podkładzie mapowym zechce grać.

3.3.3.1 Atrybuty opisowe

Atrybuty opisowe obiektów graficznych zawarte są w tablicach obiektowo/relacyjnej bazy danych. Pojedyncza tablica (szablon) zawiera atrybuty należące do wszystkich obiektów tego samego typu. Indywidualny obiekt obsługiwany jest przez pojedynczy rekord tablicy (szablonu) atrybutów. Nie dopuszczam do sytuacji kiedy pojedynczy rekord przywiązany byłby do więcej niż jednego symbolu obiektu geograficznego (pojedynczego piktoqramu). Jest to przypadek gdy kilka obiektów posiada różne charakterystyki opisowe. Eliminuję w ten sposób bardzo istotne ograniczenie, otóż jeżeli w rejestrze decyzyjnym gdyby nastąpiło wymuszenie (zmiana danych) dla grupy obiektów, to ta operacja (grupowa) wymagałaby bardzo zaawansowanej procedury **walidacji**. Natomiast dzięki relacji: 1 tablica – jeden obiekt fizyczny taki przypadek (powodujący „death lock” - nie wystąpi). Typy atrybutów opisowych określone są przez typ środowiska – kompilatora, (język ogólnego przeznaczenia C++).

Wszystkie dane zawarte są w tablicach relacyjnych, które mogą być podzielone na grupy:

- tablice predefiniowane (pola mogące być modyfikowane przez użytkownika z określoną klasą dostępu);
- zawartość cel w tablicach niemodyfikowalnych;
- tablice atrybutów opisowych definiowane przez użytkownika (wypełnianie cel).

3.3.3.2. Związki między komponentami mapy

Opisane powyżej komponenty bazy danych są logicznie łączone między sobą poprzez:

- relacyjne operacje łączenia tablic bazy danych;
- łącznik graficzny między elementem graficznym a rekordem tablicy (szablonem, kolekcją);
- powiązanie przez nazwę - dotyczy odwołań do tablicy poprzez zapamiętanie jej nazwy.

Ten skomplikowany na pozór mechanizm pozwala na jednoznaczną identyfikację i wyświetlenie zawartości graficznej odpowiednich plików stosownie do symulowanego

procesu. Problem ochrony integralności atrybutów tablic atrybutów opisowych rozwiązany jest przez zdefiniowanie dziedzin atrybutów z podziałem na dziedziny listowe i zakresowe. Dziedziny listowe stosuje się do weryfikacji atrybutów znakowych. Stanowią one zbiory dopuszczalnych wartości. Dziedziny zakresowe odnoszą się do atrybutów numerycznych i określają zakresy dopuszczalnych wartości liczbowych, określonych przez wartość minimalną i maksymalną⁶⁷. Z uwagi na przyjętą dedykowalność oprogramowania zrezygnowano z pisania części wspomagającej wprowadzenie danych – funkcje te w języku informatycznym są nazywane „idiot free”. Dziedziny obu typów mogą być implementowane w niezależnych tablicach - każda dziedzina w oddzielnej tablicy. Taką zasadę przyjęto dla tego modelu.

Przyjęte rozwiązanie nie spełnia żadnego z funkcjonujących dotychczas na platformie IBM PC (i klonów) standardów, co wynika z ograniczenia systemowego przyjętej platformy. Moce obliczeniowe współczesnych PC-ów zapewniają tak duże możliwości, że wydajny kod nie musi być już przetwarzany przez specjalizowane maszyny, np. klasy Silicon Graphics.

Realizacja tła mapowego traktowana była jako zadanie cząstkowe, widziane w tle konstruowania modelu walki sił OP szczebla taktycznego (zobrazowywania wybranych skutków walki z wybranymi uwarunkowaniami czasowymi). Problem znalezienia, dostosowania lub wykonania samodzielnego odpowiedniego tła mapowego zajął autorowi ponad rok czasu. Po opracowaniu metody/rozwiązania tego problemu wystarczy kilka godzin by opracować odpowiednie tło na użytek gry.

Przeprowadzone bardzo żmudne, czasochłonne i dociekliwe procedury badawcze (w odniesieniu do konstruowania mapy/tła mapowego na użytek gry) uprawniają mnie do sformułowania następujących konkluzji:

- ◆ na rynku funkcjonuje kilka (kilkanaście) prac (tzw. cyfrowych komputerowych map terenu), które w mniejszym lub większym stopniu odwzorowują dane kartograficzne, ale są one nieprzydatne do zastosowań dla symulacji komputerowej, na bazie której ma być realizowana symulacja – interaktywna komputerowa gra wojenna ...; nie ma w nich mechanizmów zapewniających współdziałanie z tą (tymi) mapą (mapami);
- ◆ konstruktorzy tych produktów nie przewidzieli interfejsu dla użytkownika, gdzie funkcja na mapie zwracałaby współrzędne trójwymiarowe w sposób przydatny dla odwzorowywania dynamiki walki; tam gdzie taka szansa się pojawiła autor produktu

⁶⁷ Własne notatki z konsultacji z promotorem płk. prof. dr. hab. inż. Bogdanem Zdrodowskim.

nie zechciał prowadzić negocjacji na ten temat (bez wymiaru komercyjnego); produkty te mają określoną wartość komercyjną i są zamknięte w swoim zakresie działania;

- ◆ toteż do celów symulacji (do celów gry) należało skonstruować tło mapowe (z odpowiednimi mechanizmami dostępu do najistotniejszych atrybutów obiektów zobrazowywanych na tym tle; przede wszystkim chodzi o trójwymiarowość zjawisk w OP) z odpowiednim „zablokowaniem” atrybutów nieistotnych;
- ◆ wobec faktu planowania wykorzystania opracowanego tu mechanizmu (dość uniwersalnego) do różnych projektów, prac, grand-ów, które zrealizuje Wydział Lotnictwa i Obrony Powietrznej Akademii Obrony Narodowej, wręcz koniecznością stało się opracowanie uniwersalnego i perspektywicznego mechanizmu konstruowania takich tła mapowych;
- ◆ integralność bazy danych rozumiana jako prawidłowy, zgodny z rzeczywistością stan wszystkich tablic bazy danych związanej z częścią graficzną mapy narzuciła konwencję oddzielnych pól z danymi stałymi (szablonami) oraz oddzielnie pól z danymi zmiennymi⁶⁸. Z uwagi na dedykowanie tej gry wykwalifikowanej kadrze zawodowej nie przewiduje się dla tego projektu zbyt rozbudowanych specjalizowanych mechanizmów kontroli atrybutów opisowych, na bazie definiowalnych dziedzin zakresowych⁶⁹. Kontrola integralności odbywa się tylko na etapie wprowadzania danych i tylko dla szczególnych przypadków. Mechanizmu kontroli dostarcza tu formularz ekranowy, filtrujący wprowadzane dane (z punktu widzenia logicznych zależności – np. sprawność obiektu nie może być większa niż 100%) zgodnie ze zdefiniowanymi formatami i wzorcami.

3.3.4. Aplikacje scenariusza (WGSCEN)

Za pomocą programu WGSCEN można wykreować bazę danych obiektów oraz dowolną ilość scenariuszy, w tym:

- opracować bazę danych obiektów;
- opracować i zapisać dowolną ilość scenariuszy;
- opracować bazę danych LŚB;
- opracować bazę danych zasobników rozpoznawczych;
- opracować bazę danych zbiorników z paliwem;
- zdefiniować listę użytkowników wraz z hasłami dostępu;

⁶⁸ Op. Cit.

⁶⁹ Op. Cit.

- modyfikować wcześniej zdefiniowane scenariusze, bazy danych, użytkowników;
- wczytać i pracować na wcześniej opracowanym podkładzie mapowym.

Najistotniejszą kwestią dla zrozumienia działania aplikacji WGSCEN jest zrozumienie konstrukcji pliku o rozszerzeniu scn, plików gdzie znajdują się zapisane scenariusze. Na początku pliku jest nagłówek o stałym rozmiarze, w którym zapisane są informacje o wersji pliku, i te które pozwalają programom na stwierdzenie że jest to plik scenariusza we właściwej wersji. W nagłówku są również dane określające ile czego jest w pliku scenariusza. Czyli ile jest szablonów, ile jest obiektów, ile jest wariantów uzbrojenia, tras, punktów tras, ilu graczy itd. Poza danymi ilościowymi (potrzebnych do adresacji pamięci) w nagłówku przechowywana jest informacja służąca do indeksowania wszystkich danych. Wszystkie rodzaje danych w pliku zapisane są sekwencyjnie w postaci list (tabel). Każdy z elementów tabeli ma nadany wewnętrzny indeks (numer). Ten numer jest unikalny w obrębie danej tabeli (rodzaju danych) i pozwala jednoznacznie określić, o który element tabeli chodzi. Oczywiście, że nie jest to numer kolejny elementu. Numer ten nadawany jest danemu elementowi na stałe w momencie tworzenia tego elementu. Liczniki indeksów znajdują się właśnie w nagłówku scenariusza. Mechanizm ów został zaczerpnięty z MS Access, w tabelach występuje mechanizm autonumeracji. Po usunięciu z tabeli któregośkolwiek elementu, jego indeks nie pojawi się już nigdy (nigdy należy rozumieć w obrębie tego scenariusza). W ten sposób zostaje zachowana unikalność numeru. Po nagłówku zapisywane są dane o graczach. Jest to kilka struktur GRACZ zapisanych jedna za drugą. W efekcie tworzą te struktury tabelę GRACZE. Kolejną tabelą jest tabela LŚB wg struktury RAKIETA.

Jednak przy kreowaniu listy obiektów jest nieco inna konwencja zapisu niż w standardowych bazach danych (DBase, Paradox). Każdy z obiektów może być reprezentowany zapisem o zmiennej długości. Jednym z głównych założeń na bazę danych było przyjęcie, że wszystkie obiekty reprezentowane podczas grania wywodzą się z klasy (szablonu) OBIEKT, gdzie zdefiniowane są podstawowe dane dla wszystkich rodzajów obiektów (położenie (x, y, H), prędkość, przynależność do strony, nazwa, lokalizacja, itd.). Tutaj występuje bardzo złożona sytuacja dla projektanta, gdyż obiekt fizyczny samolot jest klasą SAMOLOT zawierającą w sobie klasę OBIEKT i uzupełniającą ją o dodatkowe parametry specyficzne dla samolotu. Obiekty te widać na podkładzie mapowym (gdy nie są własnością innych obiektów).

Takie podejście wydaje się najbardziej intuicyjne i naturalne, i co nie jest bez znaczenia łatwe w interpretacji. Trasy samolotów zapisane są w strukturze TRASA. Punkty tras samolotów - struktura PUNKT_TRASY. Punkt trasy zawiera w sobie indeks trasy - czyli mimo, iż są w jednej tabeli można jednoznacznie określić, do której trasy dany punkt należy. Zaś trasa zawiera informację, do którego obiektu należy. Lista szablonów obiektów - szablon i obiekt opisany jest przez tą samą klasę. Strukturalnie są to te same zapisy. Zawartość szablonu samolotu i obiektu samolotu została zdefiniowana w klasie SAMOLOT. Szablony widać z lewej strony programu WGSCEN (na interfejsie Outlook-a), a obiekty na mapie. Do programu WGSERVER wczytywane są tylko obiekty z poza szablonów. Natomiast, gdy robimy import bazy danych o obiektach to ze scenariusza wczytywane są tylko LŚB i szablony. Zysk ogromny - odchudzona jest cała struktura, przeindeksowane pola (w Clipperze miało to nazwę pielęgnacja). Ale co jest jeszcze ważne: obiekt na mapie tworzy się poprzez skopiowanie wypełnionego szablonu, nadanie mu nowego indeksu obiektu i wstawienie go do listy obiektów. Można wtedy zmienić mu zawartość pewnych pól, ale bez wpływu na inne obiekty i szablon z którego powstał obiekt. Jest pewien minus tego rozwiązania. Mianowicie taki, że nie ma tu relacji pomiędzy obiektem a szablonem. Urywa się kontakt obiektu ze źródłem. Czyli np. zmiana parametrów w szablonie np. Su-22 nie ma wpływu na obiekty Su-22, które są już na mapie. Usunięcie takiego szablonu z bazy - nie usunie automatycznie obiektów z niego powstałych. Można to usuwać, ale koszty (dla użytkownika) są zbyt duże - traci w dużym zakresie, to co już wykreował. Jako ostatnia tabela jest tabela wariantów uzbrojenia. Struktura WARIANT_UZBROJENIA pozostająca w relacji z szablonami samolotów. Na tym kończy się plik scenariusza.

Podsumowując – wiele z tych mechanizmów można zrobić inaczej, np. można wyodrębnić ze scenariusza bazę obiektów i zapisać ją w oddzielnych plikach. Wtedy możnaby modyfikować i budować ją innym programem. Taka baza danych z obiektami posłużyłaby jako baza do wszystkich scenariuszy. Ale zawartości szablonów i obiektów na tym etapie pisania pracy jeszcze się zmieniają. Po takiej zmianie należałoby przepisać zarówno bazę obiektów jak i pliki scenariuszy. Plik scenariusza byłby związany z konkretną bazą szablonów. Czyli scenariusz wygenerowany w oparciu o bazę danych np. u mnie (autora) nie nadawałby się do użycia u mojego współpracownika. Musielibyśmy pracować w oparciu o wspólną bazę. Każda modyfikacja w jednym z miejsc powodowałaby, że ta druga byłaby nieaktualna i na odwrót.

3.3.5. Aplikacje serwera (WGSERVER)

Parametrem wejściowym tej aplikacji jest wcześniej przygotowany scenariusz lub/i historia zapisu grania.

Poza tym aplikacja ta zapewnia:

- symulację z opcją zatrzymanie i kontynuacja od momentu zatrzymania;
- podgląd wybranych parametrów obiektów biorących udział w danym scenariuszu;
- podgląd użytkowników danej sesji;
- podgląd adresów IP, których zalogowani są grający/użytkownicy;
- zapisanie do pliku historii z rozegranym epizodem;
- wczytanie pliku z historią rozegranego epizodu;
- podgląd upływu czasu operacyjnego;
- możliwość cofnięcia symulacji do dowolnego momentu czasowego;
- przesyłanie komunikatów do strony „X”/”A” lub/i „Y”/”B”.

Całość symulowanych procesów jest przeliczana w czasie rzeczywistym. Dzięki rozwiązaniu polegającym na przetwarzaniu danych w jednym miejscu (na jednej maszynie) zapewniono synchronizację wszystkich zdarzeń - niezależnie od miejsca, gdzie znajduje się użytkownik programu WGCLIENT.

3.3.6. Aplikacje użytkownika (WGCLIENT)

Aplikacja WGCLIENT zapewnia użytkownikowi interfejs do gry. Po uruchomieniu tej aplikacji (DirectX w trybie pełnoekranowym) użytkownik na ekranie swojego monitora uzyskuje pełną animację dla wszystkich obiektów występujących w danym scenariuszu i przetwarzanych przez serwer danych szybkozmiennych. Dzięki strzałkom (lub kursorom z klawiatury) nawigacyjnym może przesuwać tło mapowe wybierając dla siebie obszar zainteresowania. Wyzwalacze (speed button-y) zapewniają włączenie i wyłączenie dodatkowych elementów graficznych na tle mapy. Z poziomu tego programu użytkownik łączy się z serwerem programowym przetwarzającym dane szybkozmiennie i udostępniającym je dedykowanym użytkownikom. Interfejs z użytkownikiem, oparty na technologii DirectX nawiązuje do interfejsów gier cieszących się największą popularnością i uznaniem środowiska informatycznego.

3.3.7. Struktura techniczna

Celem tego podrozdziału jest przedstawienie najistotniejszych aspektów struktury technicznej, na bazie której ma właściwie funkcjonować komputerowa gra symulacyjna. Właściwie dowolna sieć, o dowolnych prędkościach transmisji (Ethernet, FastEthernet, GigaEthernet) zapewnia właściwe funkcjonowanie aplikacji. Testy robione w sieci wykonanej w standardzie FastEthernet obciążały serwer (NetFinity 3000) w ułamkach procenta. Aplikacje działające w sieciach lokalnych generują bardzo mały ruch, toteż wydaje się, że z punktu widzenia minimalnych wymagań na strukturę sieci trudno byłoby znaleźć taką sieć komputerową, która nie nadawałaby się do wykorzystania dla aplikacji: WGSCEN, WGSERVER, WGCLIENT. Technologie 10 Mb/s (10BaseT) w zupełności wystarczają. Przejście do bardzo wydajnych technologii: ISDN, FDDI, ATM z tego punktu widzenia zapewnienia minimalnych wymagań jest nieracjonalne.

Biorąc pod uwagę łatwość instalacji oraz dużą niezawodność działania kart sieciowych proponuje się zastosowanie linii technologicznych, np. 3COM, CNet, Dlink, mianowicie karty sieciowe FE XL PCI 100 lub ISA FE 100 (w zależności wolnych slotów na płycie głównej komputera). Wydaje się już standardem, by sieć w której pracują aplikacje posiadała certyfikację.

3.3.8. Struktura informacyjna - a obiektowość

W podrozdziale tym przedstawiam przyjętą strukturę informacyjną systemu za pomocą diagramów ERD. Diagram taki opisuje powiązania między obiektami informacyjnymi występujących w systemie – pokazuje relacje zachodzące między nimi. Typy relacji zachodzące między obiektami zaznaczone zostały za pomocą następujących elementów graficznych (zobrazowuje to rysunek 3.3.8.1):

- relacja jeden do jednego;
- relacja jeden do wielu;
- relacja wiele do wielu.

W związku ze zdecydowanym ewoluowaniem projektowanego systemu w kierunku obiektowych mechanizmów, relacyjność (w kontekście relacyjnej bazy danych) właściwie nie występuje. Jedynie relacyjne są zależności między obiektami mapowymi. Innymi słowy w relacjach będą jedynie obiekty (tylko obiekty mapowe) między sobą. Natomiast diagramy potrzebne były do przeprowadzenia procesu normalizacji (na poziomie dynamiki). Aby to osiągnąć należało wyeliminować powiązania wiele do wielu zastępując je dodatkowymi tabelami z relacjami, np. typu:

jeden do jeden. Istotę tego problemu przedstawiam na rys. 3.3.8.2. - przed normalizacją. Relacje wiele do wielu teoretycznie mogłyby zachodzić, bo z „wielu” lotnisk samoloty startują mając „wiele” podwieszeń, na których może być „wiele” LŚB, przelatując przez „wiele” ZPT i mają możliwość lądowania na „wielu” lotniskach. Tę nieznormalizowaną realacyjność wyeliminowałem dekomponując obiekty złożony do takiego poziomu elementarnego, by możliwe było zastąpienie relacji „wiele do wielu” relacją jeden do wielu. Każdy obiekt na osobny byt. W ten sposób wyeliminowałem mechanizm „wiele do wielu”. Każdy samolot jest osobnym bytem. Każde podwieszenie jest również osobnym bytem. Każdy LŚB jest również osobnym bytem. W danym momencie czasowym rozpatruję tylko jeden proces i jeden element lub jeden do wielu. Stan po normalizacji (jeden do jeden) przedstawia rys. 3.3.8.3, zaś stan po normalizacji (jeden do wielu) przedstawia rys. 3.3.8.4.

Fragmety kodu źródłowego z komentarzem, w pełni przedstawiają strukturę bazy informacyjnej. W zapisie tabelarycznym nazwa struktury oznaczałaby nazwę tabeli. Szkielet takiej struktury zawiera się w:

```
struct NAZWA  
{  
typ pole // opcjonalnie dodatkowy opis  
};
```

Po przeniesieniu na zapis tabelaryczny otrzymalibyśmy:

```
nazwa tabeli NAZWA  
typ pola typ,  
nazwa pola pole,
```

Jest standardowy i przejrzysty zapis, dla notacji obiektowej. Te tabele **struct** są właśnie w takiej notacji obiektowej zapisane, stąd należy zauważyć, że:

```
struct tabela 1  
{  
pola tabele 1  
};  
  
struct tabela 2 : public tabela 1  
{  
pola tabeli 2
```

RELACJA JEDEN DO JEDNEGO



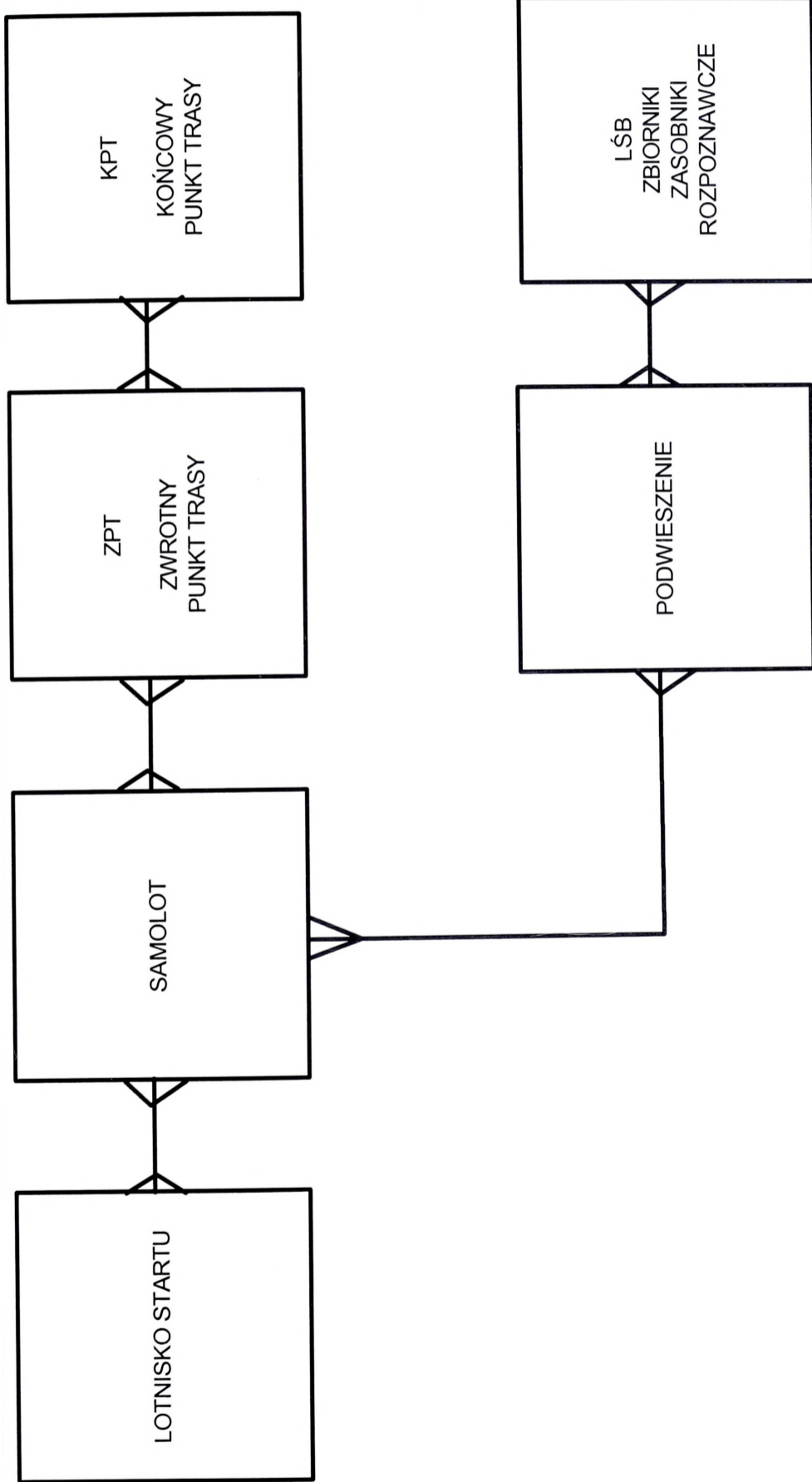
RELACJA JEDEN DO WIELU



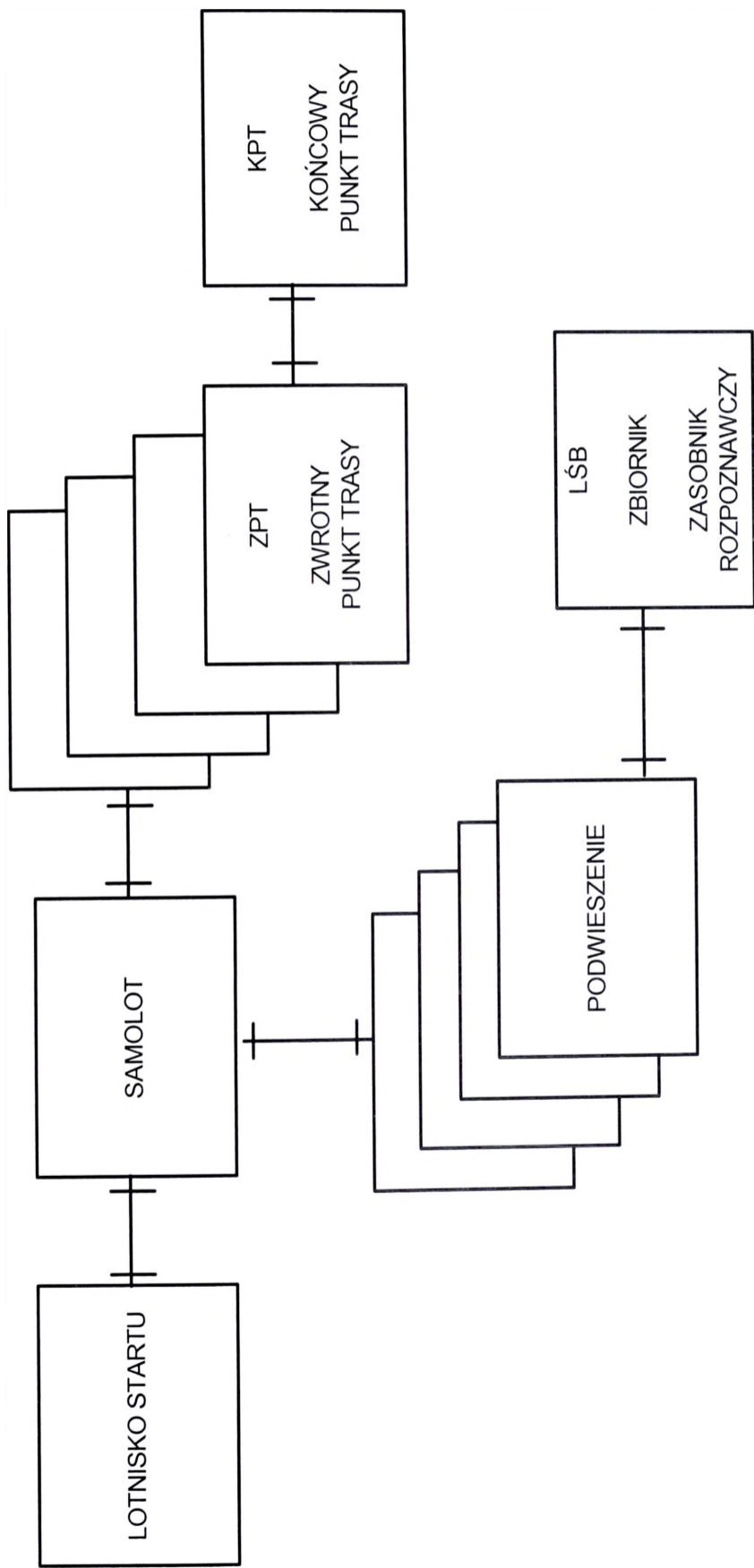
RELACJA WIELE DO WIELU



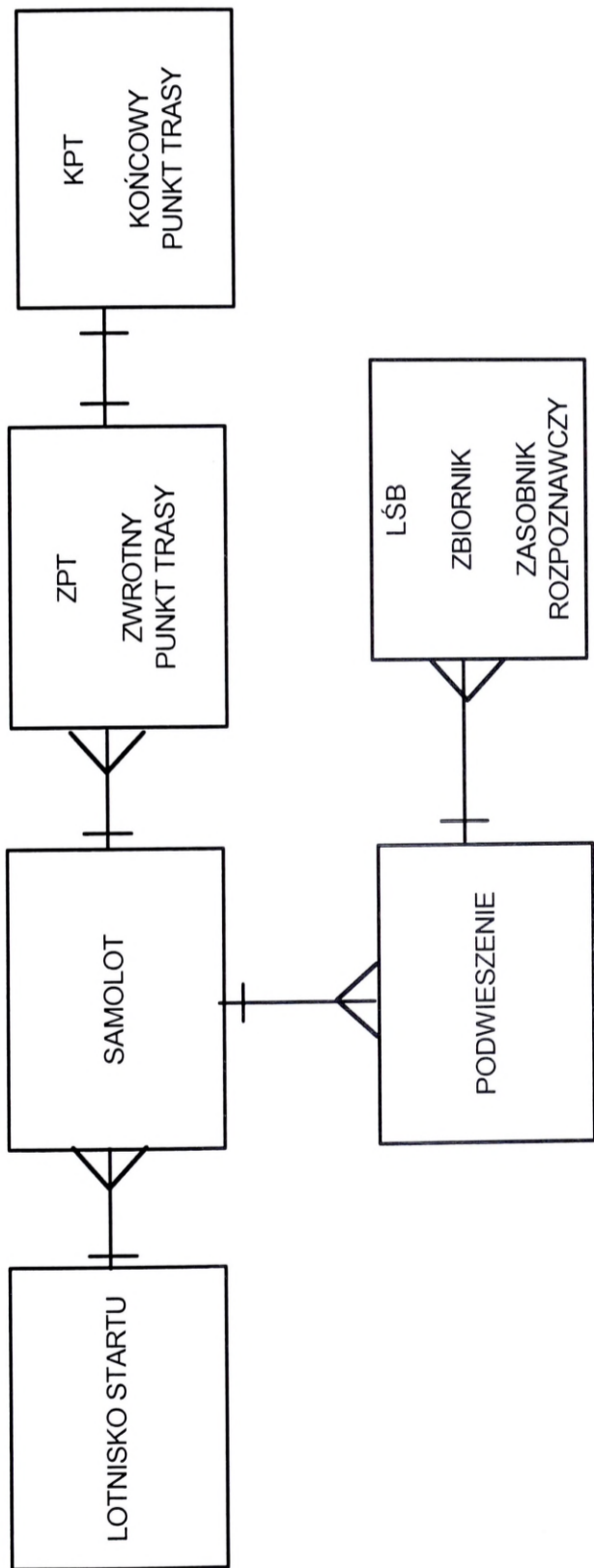
NR RYS. 3.3.8.1.	TYTUŁ: TYPY RELACJI	PROJEKTOWAŁ:	por. J. Zych	2001.09.27	J. Zych.	MODEL WALKI SIL OP SZCZEBLA TAKTYCZNEGO
BEZ SKALI		KREŚLIŁ:	por. J. Zych	2001.09.27	J. Zych	



NR RYS. 3.3.8.2.	TYTUL: POWIĄZANIA PRZED NORMALIZACJĄ	PROJEKTOWAŁ: por. J. Zych	2001.09.27	7.24/4	MODEL WALKI SIŁ OP SZCZEBŁA TAKTYCZNEGO
BEZ SKALI	KREŚLIŁ: por. J. Zych	2001.09.27	7.24/4		



NR RYS. 3.3.8.3.	TYTUŁ: NORMALIZACJA JEDEN DO JEDNEGO	PROJEKTOWAŁ:	por. J. Zych	2001.09.27	7. 74/H	MODEL WALKI SIL OP SZCZEBLA TAKTYCZNEGO
BEZ SKALI		KREŚLIŁ:	por. J. Zych	2001.09.27	7. 74/H	



NR RYS. 3.3.8.4.	TYTUŁ: NORMALIZACJA JEDEN DO WIELU	PROJEKTOWAŁ: por. J. Zych	2001.09.27	2001.09.27	MODEL WALKI SIL OP SZCZEBLA TAKTYCZNEGO
BEZ SKALI		KREŚLIŁ: por. J. Zych			2001.09.27

};

pojawienie się słowa **public tabela 1** w deklaracji tabeli 2 odwołuje się do dziedziczenia. Zgodnie z zapisem tabela 2 dziedziczy wszystko z tabeli 1. Innymi słowy zawartość tabeli 2 to są pola z tabeli 1 rozszerzone o pola z tabeli 2. Rezygnuje z budowania tabel, gdyż one nic istotnego nie wnoszą do pracy, a wprowadzają w błąd sugerując przesunięcie punktu ciężkości na relacyjność. Toteż poniżej przedstawię fragmenty kodu źródłowego dotyczącego z uwypukleniem struktury danych. Dwa ukośniki „//” oznaczają, iż wszystko co po nich znajduje się w danej linii jest komentarzem. Szczegółowe wyjaśnienie kodu źródłowego opisałem w podrozdziale 3.3.4.

Ponadto warto zwrócić uwagę na fakt unikania przeze mnie w kodzie źródłowym przeznaczonym do kompilacji znaków diakrytycznych charakterystycznych dla języka polskiego, np. „ę”, „ż”, „ś”. Świadoma rezygnacja z tych znaków jest konsekwencją brania pod uwagę ograniczeń kompilatora.

3.3.9. Interfejs z użytkownikiem

W pojęciu użytkowników cały system (poszczególne aplikacje), to po prostu interfejs użytkownika. Interfejs z użytkownikiem jest więc istotnym elementem modelu. Interfejs niewłaściwie zaprojektowany, utrudnia komunikację użytkownika z systemem, w związku z tym w jakimś stopniu dyskwalifikuje system zaś na etapie wdrożenia istnieją niewielkie możliwości zmiany interfejsu. Dobrze zaprojektowany interfejs minimalizuje czas potrzebny użytkownikowi do nauczenia się systemu oraz pozwala zwiększyć jego wydajność. Ponadto minimalizuje ilość dodatkowej dokumentacji opisującej działanie systemu. Wygląd interfejsu zależny jest od systemu operacyjnego stacji roboczej, na której pracuje program obsługujący system informatyczny. Świadomie wybrałem środowisko MS WINDOWS, ponieważ dostarcza ono wielu elementów graficznych, (tzw. kontrolek), które można wykorzystywać w interfejsach użytkownika. Sposób prezentacji danych ograniczają jedynie umiejętności i wyobraźnia projektanta/programisty tworzącego aplikację. Jednak starałem się zachować umiar w komplikacji interfejsów, tak aby nie zmuszało to użytkownika do dodatkowej nauki obsługi aplikacji.

Microsoft proponuje dwa style:

- styl skoroszytu – interfejs tego typu polega na wyświetlaniu różnych widoków danych na oddzielnych arkuszach tego samego okna. Przykładem może być Microsoft Excel. Zaletą tej architektury jest dostarczanie bezpiecznego

środowiska do pracy, bez ograniczania użytkownika do jednego tylko formularza.

- interfejs w stylu Outlook-a – ten styl interfejsu polega na dzieleniu okna aplikacji na dwie części, z których jedna zawiera zbiór ikon, a druga dokumenty. Ten styl interfejsu sprawdza się w aplikacjach wspomagających wiele procesów działania. Pasek ikon z lewej strony pozwala błyskawicznie wybierać kontekst, a dodatkowy podział tego paska na panele umożliwia dodatkowo grupowanie ikon ze względu na ich rodzaj lub funkcję.

Oba te style zaadoptowałem do gry. Oba style wykorzystuję w programie WGSCEN. Ponadto aplikacja WGSCEN zawiera elementy zakładek i wyzwalaczy (speed button-ów). W podobnej konwencji, ale bez Outlook-a jest utrzymany interfejs aplikacji WGSERVER. Istotnie odbiega od tych stylów interfejs programu WGCLIENT. Aplikacja ta ze względu na jej funkcje (końcówka sieci - gracz), działa w trybie DirectX (pełnoekranowo). Główną ideą, która mi przyświecała, przy dokonywaniu takiego wyboru był niezwykle atrakcyjny i najbardziej obiecujący trend, pomysł Microsoft-u na aplikacje graficzne. MS WINDOWS dzięki tym mechanizmom (DirectX) stał się poważną alternatywą dla środowisk typowo graficznych, np. dla maszyn typu Silicon Graphics.

Konkludując całość treści rozdziału poświęconego opisowi kolejnych wątków przeprowadzonych badań chciałbym zwrócić uwagę na przyjęty sposób dojścia do takiej notacji zapisu modelu, by nadawała się już bez dodatkowych kroków pośrednich do pisania software-u. Poprzez analogię do czynności przekładania książek z najniższej półki na najwyższą poprzez półki pośrednie zobrazony został proces dochodzenia do poziomu reprezentacji wiedzy o walce sił OP na szczeblu taktycznym, nadającej się do konstruowania gry w postaci systemu informatycznego. Modelowana rzeczywistość jest na tyle skomplikowana i złożona, iż jednoosobowe prace, o tak szerokim zakresie mają małe szanse powodzenia, biorąc pod uwagę horyzont czasowy, w jakim doktorant powinien ukończyć pracę. W tym miejscu kolejny raz chciałbym zaznaczyć bardzo dużą pomoc merytoryczną jaką uzyskałem od Promotora, bez której wydaje się nie byłoby możliwe zaimplementowanie modelowanej rzeczywistości. W opinii autora istotna jest również uwaga, iż zaawansowane modele walki, docelowo mające funkcjonować jako systemy informatyczne (autor ma na myśli interaktywne gry symulacyjne), podlegają bardzo istotnym ograniczeniom natury informatycznej (choćby: ilość pamięci,

sposoby adresacji, protokół wymiany danych, nośniki danych), by konstruktor o małym doświadczeniu i „płytkiej” wiedzy informatycznej mógł właściwie konstruować takie systemy, na poziomie stabilnie działających aplikacji.

W rozdziale tym wyeksponowałem matematyczne i informatyczne aspekty modelowania. Realizacja ścieżki badań opartej na matematycznej reprezentacji modelowanych zjawisk na polu walki w OP wniosła bardzo istotną konkluzję dla dalszych etapów dociekań – mianowicie wyeksponowana została złożoność procesów identyfikowanych na polu walki i ich duży stopień komplikacji. W konsekwencji spowodowało to odejście od dalszych prób zmatematyzowanego przedstawienia całości zjawisk na polu walki. Pragmatyzm badawczy nakazywał implementację kolejnych wersji gry, jako narzędzia weryfikującego stan wiedzy o modelowanych wyizolowanych procesach, by docelowo świadomie według określonych reguł i zależności formalnych móc je łączyć ze sobą. Należy podkreślić, iż już w tym momencie model (interaktywna komputerowa gra symulacyjna) był na tyle skomplikowany, iż przedstawienie jej ekspertom w formie zapisu matematycznego, z którymi konsultowałem kolejne epizody, wątki gry - byłoby utrudnione.

Zatem dzięki stosowaniu właśnie takiego narzędzia weryfikującego w kolejnych etapach badań, uzyskiwałem konkretną i łatwotransformowalną opinię ekspertów na logikę modelu. Przedstawiane uwagi przez Nich były zbliżone poziomem abstrakcji do wiedzy potrzebnej dla konstruowania kolejnych wersji modelu logicznego oraz implementacji kolejnych wersji gry.

4. Funkcjonowanie i zastosowania modelu

Rozdział ten poświęcony jest funkcjonowaniu modelu w różnych możliwych wariantach zastosowań. Każdy element modelu opisany jest zbiorem parametrów, z których wynikają jego ograniczenia. Przestrzeń możliwych stanów mogących wystąpić w grze, nawet przy bardzo „prymitywnym” epizodzie jest trudno policzalna i dąży do nieskończoności (ze znakiem dodatnim). Co w konsekwencji powoduje, że wyniki otrzymane na podstawie tego samego scenariusza w praktyce zawsze będą się różniły. Takie usytuowanie klasy modelu powoduje, że dane końcowe etapu zawsze można wykorzystać do dalszych etapów przetwarzania – czyli wartościowania przyjętych i realizowanych strategii w odniesieniu do obróbki statystycznej.

4.1. Funkcjonowanie modelu

Model opiera się na trzech zależnych względem siebie aplikacjach. Aplikacje te wymieniają między sobą dane. Dane zawarte w scenariuszu z programu WGSCEN są parametrami wejściowymi dla programu WGSERVER. Procesy które przetwarza WGSERVER dodatkowo mogą być modyfikowane z programu WGCLIENT, zatem program WGCLIENT jednocześnie pełni kilka funkcji dla gracza: odbiera sygnały (dane) z WGSERVER, a jednocześnie przetwarza te sygnały na postać „grafiki dynamicznej”. Ponadto z poziomu tej aplikacji użytkownik ma możliwość sterowania (poprzez rejestr decyzyjny dowodzi) zasobami, które zostały mu przydzielone na daną grę (dany epizod).

Szereg funkcji: zapis procesu symulacji, odtworzenie historii przebiegu grania, zatrzymywanie, cofanie się do dowolnego momentu i kolejne uruchomienie wydaje się, iż podnoszą znacznie funkcjonalność oraz zakres wykorzystania całości gry.

4.2. Przygotowanie gry

Pełne przygotowanie gry polega na wykreowaniu scenariusza i zapisaniu go w pliku z rozszerzeniem (scn) – skrót od scenariusz. Plik ten powinien zawierać listę użytkowników reprezentujących, odpowiednio poszczególne strony w grze „X”/”A”/”CZERWONYCH” i „Y”/”B”/”NIEBIESKICH”, oraz „KOORDYNATORA” / ”KIEROWNIKA ĆWICZENIA”. Definicja użytkownika zawiera się w zdefiniowaniu nazwy (login-u) użytkownika i hasła dostępu. Dane te są wykorzystywane w celu autoryzacji użytkownika, który chciałby uzyskać dostęp do przetworzonych danych lub/i sterować zasobami przypisanymi do danej strony w konkretnym epizodzie.

4.2.1. Kreowanie nowego obiektu w bazie danych

Do wykreowania scenariusza niezbędny jest etap poprzedzający – kreacji bazy danych obiektów elementarnych. Początkowo kreowanie bazy danych obiektów elementarnych było osobną aplikacją, jednak na etapie testowania programów pojawiała się potrzeba dopisywania nowych obiektów (na poziomie obiektu elementarnego), w trakcie kreowania scenariusza. Powodowało to pewną niekonsekwencję i trudność w tworzeniu scenariusza. Należało wyjść z programu WGSCEN, wejść do programu KREATOR BAZY DANYCH utworzyć nowy obiekt, wyjść z tego programu. Uruchomić powtórnie WGSCEN i dopiero pobrać ten nowo wytworzony obiekt. Toteż w wyniku przeprowadzonych testów zdecydowałem na połączenie programów kreujących bazy danych obiektów elementarnych z programem do redagowania scenariuszy. Aplikacja zawierająca w sobie te dwa podprogramy nosi nazwę WGSCEN.

a) Statek powietrzny

Założyłem, iż w celu utworzenia nowego obiektu (statku powietrznego), należy wykonać następującą sekwencję akcji. Uruchomić program WGSCEN, wejść w menu Baza obiektów, w podmenu pierwszego poziomu Nowy obiekt, w podmenu drugiego poziomu Statek powietrzny. Ukaże się formatka z czterema zakładkami zapewniająca zdefiniowanie istotnych parametrów mających odzwierciedlenie w modelu.

Zgodnie z tabelami z rozdziału 2, statek powietrzny został opisany następującymi parametrami:

Lp.	Etykieta zakładki	Nazwy parametrów	Typ danych/ograniczenia
1.	Nazwa	Nazwa statku powietrznego Indeks pilota Piktogram	Alfanumeryczne Pięć cyfr Bitmapa
2.	Prędkość, Pułap	Prędkość min [km/h] Prędkość max [km/h] Prędkość przelotowa [km/h] Max prędkość wznoszenia [m/sek] Max prędkość zniżania [m/sek] Pułap maksymalny [m] Zasięg [km]	Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia
3.	Inne parametry	Czas tankowania [min]	Liczba całkowita dodatnia
4.	Podwieszenia	Nr podwieszenia	Liczba całkowita dodatnia

5.	<p>Uwagi/uzupełnienia:</p> <p>Istotną funkcją jest definiowanie wariantu uzbrojenia. Dla danego statku powietrznego można zdefiniować dowolną liczbę wariantów uzbrojenia. Ale istnieje szereg ograniczeń. Dla przykładu dla samolotu Su-22 jest zdefiniowane prawie 200 wariantów. Warto zwrócić uwagę, że element ten może stanowić istotną trudność w obsłudze gry. Zatem proponuję się, by zdefiniowano na potrzeby grania najistotniejsze warianty uzbrojenia dedykowane na wykonanie określonej misji. Definiowanie wariantu uzbrojenia polega na nadaniu temu wariantowi unikatowej nazwy oraz przypisaniu do węzłów podwieszeń lotniczych środków bojowych lub/i zbiorników z paliwem. W szczególnym przypadku podwieszenie może być nie obsadzone. Dla grania istotne są parametry związane z upływem czasu: tzn. każdy wariant uzbrojenia oprócz swojej nazwy jest opisany dwoma parametrami czasowymi: Czas uzbrojenia [min], oraz czas rozbrojenia [min]. Parametry te są wykorzystywane przy odtwarzaniu gotowości bojowej.</p>
----	--

Tabela 4.2.1.a). Parametry statku powietrznego.

b) Środek OPL

Na podobnym mechanizmie oparte jest kreowanie środka OPL. Również program WGSCEN jest wykorzystywany jako interfejs do uruchomienia kreatora. Pola znajdujące się na czterech zakładkach do tego obiektu zapewniają opisanie nowego obiektu zbiorem parametrów.

Lp.	Etykieta zakładki	Nazwy parametrów	Typ danych/ograniczenia
1.	Nazwa	Nazwa środka OPL Nr obiektu Piktogram	Alfanumeryczne Pole numeryczne Bitmapa
2.	Dane T-T (taktyczno-techniczne)	Liczb kanałów celowania Ilość rakiet na stanowisku Maksymalna ilość rakiet w salwie Zasięg rakiet [km] Prędkość marszowa rakiet [km/h] Prawdopodobieństwo trafienia Czas cyklu strzelania [min] Czas przejścia do prowadzenia ognia [min] Minimalna wysokość celu [m] Maksymalna wysokość celu [m]	Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Liczba <0..1> Pole numeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne
3.	Sprawność	Sprawność początkowa 0-100% Odporność na LŚB Czas odtworzenia 1% sprawności [min] Poziom zniszczenia [% sprawności] Minimum sprawności potrzebne do pracy [%]	Pole numeryczne z przedziału [0..100] Pole numeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne
4.	Mobilność	Obiekt mobilny Prędkość marszowa km/h Czas rozwinięcia [min] Czas zwinięcia [min]	Wartość logiczna [tak/nie] Pole numeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne

5.	<p>5 a) Uwagi/uzupełnienia: Parametr o nazwie „Obiekt mobilny” jest skojarzony z polem „Check box”. Znaczenie tego pola oznacza, przypisanie wartości TRUE do funkcji logicznej i następuje uaktywnienie pozostałych pól z zakładki mobilność. Jeśli pole jest nieoznaczone, domyślne przyjmuje wartość FALSE.</p> <p>5 b) Relacje między współczynnikiem moc rażenia, a LŚB stanowią istotny element zapewniający dynamiczne odwzorowywanie skutków wzajemnych oddziaływań. Obiekt ma wewnętrzny parametr określający sprawność przyjmujący wartości od 0 do 100 (wyrażony w procentach). Tę sprawność można ustawiać w scenariuszu (jego wartość początkową), określając jaką wartość ma przyjmować ten parametr w momencie uruchomienia gry. Odporność na LŚB z zakresu 0 do max, z tym że nie może to być wartość zero. LŚB mają parametr MOC RAŻENIA z zakresu 0 do max. Te parametry wyrażane są liczbach rzeczywistych, zatem liczby rzeczywiste, w notacji języka C++ mogą przyjmować wartości ułamkowe, np.: 1.5. Po trafieniu sprawność obiektu obniża się o tyle procent, ile „wyjdzie” ze wzoru: $\text{sprawność} = \text{sprawność} - \text{moc rażenia LŚB} / \text{odporność na LŚB}$. W e wzorze tym jest dzielenie, dlatego odporność nie może być zerem. Innymi słowy, jeżeli odporność jest równa jeden, to moc rażenia jest wartością określającą, o ile procent zmniejszy się sprawność obiektu po trafieniu. Natomiast jeżeli odporność będzie większa od jedności, obiekt będzie bardziej odporny na atak LŚB (jeżeli mniejsza od jedynki będzie bardziej wrażliwy).</p> <p>Przykład: Odporność= 1.5; moc rażenia= 15; sprawność początkowa = 100 %; Po trafieniu: $\text{sprawność} = 100 - 15 / 1.5 = 100 - 10 = 90 \%$ Mechanizm ten stanowi jedno z najważniejszych kryteriów mierzalności skutków wzajemnych oddziaływań w funkcji czasu.</p>
----	---

Tabela 4.2.1.b). Parametry środka OPL.

c) Stacja radiolokacyjna

Stacja radiolokacyjna również opisana jest zbiorem parametrów znajdujących się na trzech zakładkach. Mechanizm definiowania zasięgów odległościowych dla poszczególnych przedziałów wysokości przypomina sześcieelementową odwróconą wieżę Hanoi.

Lp.	Etykieta zakładki	Nazwy parametrów	Typ danych/ograniczenia
1.	Nazwa	Typ stacji Nr obiektu Piktogram	Alfanumeryczne Pole numeryczne Bitmapa
2.	Zasięgi	Wysokość [m] Zasięg [km] Czas załączania	Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Pole numeryczne
3.	Sprawność	Sprawność początkowa 0-100% Odporność na LŚB Czas odtworzenia 1% sprawności [min] Poziom zniszczenia [% sprawności] Minimum sprawności potrzebne do pracy [%]	Pole numeryczne z przedziału [0..100] Pole numeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne
4.	Mobilność	Obiekt mobilny Prędkość marszowa km/h Czas rozwinięcia [min] Czas zwinięcia [min]	Wartość logiczna [tak/nie] Pole numeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne

5.	Uwagi/uzupełnienia: Zakładka zasięgi zapewnia definiowanie ośmiu przedziałów: 0 do H1 strefa martwa H1..Hn przedziały wysokości wraz zasięgami przypisanymi do poszczególnych przedziałów. Punkty 5 a) i 5 b) odnośnie mobilności i sprawności są takie same jak w tabeli 4.2.1. b).
----	---

Tabela 4.2.1.c). Parametry stacji radiolokacyjnej.

d) Lotniska

Każdy obiekt typu lotnisko opisany jest parametrami z dwóch zakładki, ale zawiera w sobie dwa mechanizmy, które nie występują w żadnym innym. Otóż obiekt ten można ukryć, a zasoby związane z odtwarzaniem gotowości bojowej statku powietrznego (LŚB i MPS) oprócz parametrów związanych z czasem mogą przyjmować wartości boolowskie. Oznacza to, że na danym lotnisku mogą takie zasoby występować lub nie. Co w konsekwencji powoduje, iż można zdefiniować lotniska (lądowiska. DOL-e), na których nie będzie możliwe odtworzenie gotowości bojowej (w sensie zatankowania paliwem i uzbrojenia statków powietrznych).

Lp.	Etykieta zakładki	Nazwy parametrów	Typ danych/ograniczenia
1.	Opis lotniska	Typ lotniska Nazwa lotniska Lotnisko ukryte Piktogram	Alfanumeryczne Alfanumeryczne Wartość logiczna [tak/nie] Bitmapa
2.	Samoloty na lotnisku	Typ Indeks pilota	Liczba całkowita dodatnia Liczba całkowita dodatnia Pole numeryczne
3.	Status lotniska	Pas startowy zablokowany na okres [min] MPS jest/brak MPS zablokowany na okres [min] LŚB jest/brak LŚB brak przez okres [min] Czas kołowania do startu [min]	Pole numeryczne Wartość logiczna [tak/nie] Pole numeryczne Wartość logiczna [tak/nie] Pole numeryczne Pole numeryczne
4.	Uwagi/uzupełnienia: 4 a) Przypisanie różnych wartości dla wyszczególnionych parametrów zapewnia przygotowanie różnych stanów lotnisk, lądowisk, DOL-i. Dzięki temu uzyskuje się na tyle uniwersalny byt, iż dzięki temu najistotniejsze procesy związane z funkcjonowaniem obiektu lotnisko, mają możliwość być symulowane dynamicznie – skojarzone z funkcją czasu. 4 b) Parametr „Czas kołowania do startu” oznacza czas, który musi upłynąć od momentu, gdy pilot otrzyma zgodę na start do momentu oderwania się od pasa startowego.		

Tabela 4.2.1.d). Parametry lotniska.

e) Pozostałe obiekty

Podopieczna ta zapewnia zdefiniowanie dość istotnych elementów występujących na polu walki: stanowisko dowodzenia, czołgów, składów amunicji, węzłów drogowych, mostów, Dzięki możliwości kreowania tych obiektów, zwiększa się poziom adekwatności modelu.

Lp.	Etykieta zakładki	Nazwy parametrów	Typ danych/ograniczenia
1.	Nazwa	Nazwa bronionego obiektu Nr obiektu Piktogram	Alfanumeryczne Pole numeryczne Bitmapa
2	Sprawność	Sprawność początkowa 0-100% Odporność na LSB Czas odtworzenia 1% sprawności [min] Poziom zniszczenia [% sprawności] Minimum sprawności potrzebne do pracy [%]	Pole numeryczne z przedziału [0..100] Pole numeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne
4.	Mobilność	Obiekt mobilny Prędkość marszowa km/h Czas rozwinięcia [min] Czas zwinięcia [min]	Wartość logiczna [tak/nie] Pole numeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne
5.	Uwagi/uzupełnienia: Ta zakładka zapewnia kreowanie obiektów stacjonarnych i mobilnych, pojedynczych i grupowych, dzięki czemu przestrzeń stanów możliwych do wygenerowania przez przygotowującego scenariusz do gry, dąży do nieskończoności. Między innymi dlatego - model ten jest modelem otwartym. Punkty 5 a) i 5 b) odnośnie mobilności i sprawności są takie same jak w tabeli 4.2.1. b).		

Tabela 4.2.1.e). Parametry pozostałych obiektów

f) Lotnicze środki bojowe

Przyjąłem uproszczenie, że w grze będą dostępne tylko dwa typy lotniczych środków bojowych: rakiety i bomby. Każdy z tych środków opisany jest zbiorem parametrów.

Lp.	Opis formatki	Nazwy parametrów	Typ danych/ograniczenia
1.	Rakiety	Nazwa Prędkość marszowa [km/h] Rubież odpalenia [km] Zasięg [km] Prawdopodobieństwo trafienia [0..1] Moc rażenia	Alfanumeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne Pole numeryczne Liczba <0..1> Pole numeryczne
2.	Bomba lotnicza	Nazwa Prawdopodobieństwo trafienia [0..1] Moc rażenia	Alfanumeryczne Liczba <0..1> Pole numeryczne
3	Typ rakiety	powietrze-powietrze powietrze-ziemia	Wartość logiczna [tak/nie] Wartość logiczna [tak/nie]
4.	Uwagi/uzupełnienia: Punkt odnośnie liczenia skutków oddziaływania są taki sam jak w tabeli 4.2.1. b). Między typami rakiet powietrze-powietrze i powietrze-ziemia zachodzi zależność logiczna LUB. Dla bomby lotniczej nie jest liczona jej inercja, nadana jej przez samolot nosiciela.		

Tabela 4.2.1.f). Lotnicze środki bojowe

e) Zbiorników

Definiowanie zbiorników pozwala na wykorzystanie ich przy określaniu wariantu uzbrojenia. Każdy zabrany zbiornik pozwala na przedłużenie zasięgu działania danego statku powietrznego.

Lp.	Opis formatki	Nazwy parametrów	Typ danych/ograniczenia
1.	Zbiornik paliwa	Nazwa Dodatkowy zasięg	Alfanumeryczne Pole numeryczne
2.	Uwagi/uzupełnienia: Parametr „dodatkowy zasięg” wyrażony jest w kilometrach. Wartość wpisana w to pole powoduje, iż przy doborze odpowiedniego wariantu uzbrojenia zwiększa się zasięg o tę wartość.		

Tabela 4.2.1.g). Zbiornik paliwa

g) Zasobnik rozpoznawczy

Do rozpoznania, podobnie jak przy definiowaniu zbiorników użytkownik po zdefiniowaniu zasobnika rozpoznawczego będzie miał możliwość wykorzystania go przy definiowaniu konkretnego wariantu uzbrojenia.

Lp.	Opis formatki	Nazwy parametrów	Typ danych/ograniczenia
1.	Zasobnik rozpoznawczy	Nazwa Promień rozpoznania	Alfanumeryczne Pole numeryczne
2.	Uwagi/uzupełnienia: Parametr „promień rozpoznania” wyrażony jest w kilometrach. Wartość wpisana w to pole powoduje, iż samolot, który ma na podwieszeniu zasobnik rozpoznawczy rozpoznaje wszystkie obiekty o zadanym promieniu.		

Tabela 4.2.1.h). Zasobnik rozpoznawczy

4.2.2. Definiowanie grających

W celu zdefiniowania grających należy wejść w opcję **Scenariusz**, w podopcję **Grający** i zdefiniować użytkownika poprzez wybór przynależności do strony: STRONA A/ STRONA B/ KOORDYNATOR wpisując login tego użytkownika i hasło. Dla każdej ze stron: „A”/”B”/”KOORDYNATOR” można zdefiniować dowolną ilość grających.

4.2.3. Import bazy danych

Na etapie testów okazało się bardzo uciążliwe redagowanie bazy danych ciągle od początku. Dzięki podopcji **Import bazy obiektów** z opcji **Baza obiektów** zapewniłem przyjazne i bezproblemowe zaimportowanie bazy danych obiektów z

dowolnego scenariusza. Dzięki temu mechanizmowi zaoszczędza się znaczną ilość czasu na przepisywanie bazy danych jak również koncentruje się uwagę na istocie kreowania scenariusza bez racjonalnej potrzeby wielokrotnego powtarzania tych samych operacji.

4.2.4. Redagowanie scenariusza

Przed przystąpieniem do gry za pomocą programu z elementami edytora graficznego (program WGSCEN), należy zdefiniować określoną sytuację wyjściową. Ten etap gry opracowuje koordynator/kierownik ćwiczenia. Przygotowanie scenariusza wymaga od edytującego, by dany epizod nanieść na tło mapowe, tworząc tym samym scenariusz (konkretną sytuację wyjściową) dla grających stron: „X”/”A”/”CZERWONYCH” i „Y”/”B”/”NIEBIESKICH”. W grze istnieje również możliwość definiowania strony czwartej „NEUTRALNYCH”.

Reprezentacja poszczególnych stron w grze zróżnicowana jest kolorami:

- kolor czerwony – strona „X”/”A”/”CZERWONI”;
- kolor niebieski – strona „Y”/”B”/”NIEBIESCY”;
- kolor zielony - „NEUTRALNI”.

Za pomocą mechanizmu „ang. drank-and-drop” – złap-przenieść-upuść, użytkownik (kierownik/koordynator ćwiczenia) nanosi na tło mapowe piktogramy, reprezentujące fizyczne obiekty, które mają brać udział w grze (w danym epizodzie). Po naniesieniu tych fizycznych obiektów na tło mapowe użytkownik może zmienić parametry tych obiektów jak również może zdefiniować według jakiej sekwencji ma dany obiekt fizyczny realizować swoje zadania.

4.3. Granie (przykład)

Program WGCLIENT można uruchomić jako jedna ze stron lub jako koordynator (pełni on funkcję kierownika ćwiczenia, eksperta, rozjemcy). Wymaga to skomunikowania się z programem WGSERVER w celu uzyskania dostępu do przetwarzanych danych. Należy się podać właściwy numer IP oraz login i hasło. Obie strony nie wiedzą jakie zasoby zostały przydzielone stronom przeciwnym i nie wiedzą jakie funkcje celu zostały wyznaczone przez koordynatora dla przeciwników. Strony „A” i „B” widzą sytuację wyjściową (według scenariusza dla danego ćwiczenia przygotowanego przez koordynatora) oraz te zasoby które strony rozpoznały na własną korzyść. Koordynator ma podgląd wszystkiego czym dysponuje jedna i druga strona.

Role broniącego i atakującego mogą się wielokrotnie zmieniać w zależności od przebiegu gry. Dla epizodu na potrzeby testowania można założyć, iż jedna ze stron ma za zadanie bronić obiektów znajdujących się w strefie oddziaływania jego aktywnych środków obrony (AŚO). Zaś druga strona ma realizować zadanie otrzymane przez koordynatora, mianowicie zadać jak największe straty przeciwnikowi. Z punktu widzenia przyjętej definicji OP oznacza to, że należy przyjąć jakąś strategię zgrubną, i tak np.:

- w maksymalnym stopniu zakłócić podstawową funkcję każdego z obiektów;
- zakłócić, obezwładnić, zniszczyć obiekty według założonych priorytetów;
- spowodować zakłócenie ich podstawowej funkcji na jak najdłuższy czas.

Przykładowo atakujący dysponując grupą taktycznego przeznaczenia 12 samolotów typu np. Su-22 i samolotami do osłony, np. Mig-29, powinien podejmować decyzje prowadzące do efektywnego osiągnięcia cel działań.

Przyjąłem, że grupa uderzeniowa podzielona jest na trzy podgrupy:

- pierwsza z nich ma za zadanie pokonać system obrony przeciwlotniczej;
- druga jest grupą rozpoznania;
- trzecia jest grupą uderzeniową.

Dodatkowo atakujący dysponuje grupami osłony.

Nawet w tak mało skomplikowanym epizodzie liczba możliwych wariantów osiągnięcia celów działań jest znaczna. W zależności od wariantu uzbrojenia, w które zostaną uzbrojone statki powietrzne, w zależności od stanu i możliwości odtwarzania gotowości bojowej statków powietrznych na konkretnych lotniskach, ilości rakiet którymi dysponują zestawy gra może przyjmować różne stany. Jeżeli koordynator dodatkowo wymusi przestrzeganie zdefiniowanie zależności czasowych, rozbuduje wymagania o przestrzeganie norm logistycznych problemem się staje zasymulowanie wszystkich możliwych wariantów.

4.3.1. Nowa rozgrywka

Każde uruchomienie gry z poziomu WGSERVER powoduje inicjację kilku istotnych procesów z punktu widzenia zapamiętywania sekwencji zdarzeń. Otóż w momencie wystartowania danego scenariusza (speed button **Start**) następuje powołanie do życia pliku o nazwie hist1 z rozszerzeniem dat oraz pliku wgserver z rozszerzeniem log. Tworzą się one w katalogu z którego był uruchomiony WGSERVER. Plik o nazwie hist1 zawiera w sobie pełną sekwencję wszystkich zdarzeń z danej sesji zapamiętywane

co sekunda. Daje to możliwość koordynatorowi w dowolnym momencie zatrzymania gry i cofnięcia o dowolny czas w ramach danej sesji. Dzięki temu mechanizmowi istnieje zapisanie na stałe danej sesji pod dowolną nazwą, przy spełnieniu warunku właściwego skojarzenia ze scenariuszem, na bazie którego ta historia się wpisywała do pliku. Ważne jest również to, że powtórne uruchomienie nowej sesji powoduje iż ten plik z historią nie jest kasowany a zmieniana jest mu nazwa na hist2, oczywiście z takim samym rozszerzeniem, czyli dat. Inne przeznaczenie ma plik wgserwer.log.

4.3.2. Kontynuacja wcześniej rozegranych epizodów

Warunkiem koniecznym i wystarczającym, by móc kontynuować wcześniej rozegrane epizody jest zapamiętanie scenariusza, na podstawie którego został wypełniony danymi plik hist1.dat. W momencie ukończenia grania w ramach danej sesji można ten plik zapisać pod dowolną nazwą ale należy pamiętać, że dane w pliku scenariusza nie uległy żadnym zmianom. Najlepiej scenariusz i plik dat powinny mieć taką samą nazwę, pozwoli eliminować błędy związane z skojarzeniem scenariusza i pliku z historią.

4.4. Komunikaty

System zapewnia generowanie komunikatów na dwa sposoby. Dwa rodzaje zdarzeń w systemie generują komunikaty, które są wyświetlane na ekranie klienta (grającego). Pierwszy rodzaj komunikatów jest konsekwencją zachodzenia podczas grania pewnych charakterystycznych zdarzeń na polu walk, np.: katapultowanie się pilota, włączenie/wyłączenie stacji radiolokacyjnej, zniszczenie samolotu. Drugi rodzaj komunikatów, to komunikaty edytowane przez kierownika ćwiczenia dla grających stron. Dedykowane jednej ze stron lub drugiej oraz obu stronom. Oczywiście oba typy komunikatów są zapamiętywane w pliku wgserwer.log. Dzięki temu, iż w tej grze wszystkie zdarzenia są zapamiętywane chronologicznie względem czasu operacyjnego, istnieje bardzo precyzyjny mechanizm weryfikacji, sprawdzenia sekwencji po sobie następujących zdarzeń i w uzasadnionych przypadkach (np. przy omówieniu ćwiczenia) cofnięcie się do konkretnej chwili czasowej.

4.5. Rejestr zdarzeń

Rejestr zdarzeń zawiera w sobie plik o nazwie wgserwer.log. Są tam wszystkie charakterystyczne zdarzenia posortowane chronologicznie w stosunku do czasu w jakim zachodziły. Przykład zawartości takiego pliku z omówieniem przedstawiam poniżej. Po

podwójnym ukośniku „//” znajdują się komentarz, zaś po znakach „#” lub „*” przykład oryginalnego zapisu.

//Start programu WGSERWER data uruchomienia czas uruchomienia gg:mm:ss

#Start programu WGSERWER 2001.11.05 godzina 20:12:23

//Wczytanie scenariusza C:\WarGame\Testy\BZ_9.scn

#Wczytanie scenariusza katalog dostępu i nazwa pliku ze scenariuszem

//Czas operacyjny Czas systemowy

*0:00:00 CZAS OPERACYJNY START (20:12:28 UTC)

 //nr IP z którym połączył się klient/użytkownik

*0:02:20 Połączono z 213.241.8.10

 //login i hasło użytkownika

*0:02:20 213.241.8.10 CZERWONY 1 zapomniałem

//odpowiedni komunikat

*0:02:21 213.241.8.10 Złe podane hasło lub login

*0:03:35 Połączono z 213.241.8.10

*0:02:20 213.241.8.10 CZERWONY 1 pamiętam

//odpowiedni komunikat

*0:03:37 213.241.8.10 Hasło przyjęte

*0:05:10 A: NUR-31 67 - stacja załączona

*0:05:38 B: Obiekt SKŁAD AMUNICJI został zaatakowany

*0:05:46 A: Losowanie dla SKŁAD AMUNICJI wynik 23, prawdopodobieństwo 0

*0:05:46 A: Cel SKŁAD AMUNICJI chybiony

*0:06:11 A: DYWIZJON NEWA 89 - obrona aktywna

*0:06:13 A: BRYGADA KRUG MARKI - obrona aktywna

*0:06:37 B: NUR-31 32 - stacja załączona

*0:07:09 A: zmiana trasy samolotu Su-22 80800

*0:07:17 C: zmiana trasy samolotu Su-22 33339

*0:07:47 A: zmiana trasy samolotu MI-2 77008
*0:08:05 C: zmiana trasy samolotu Su-22 44449
*0:08:36 A: zmiana trasy samolotu Su-22 90908
*0:09:08 A: Samolot Su-22 4040 został zaatakowany
*0:09:17 B: Losowanie dla Su-22 wynik 62, prawdopodobieństwo 0
*0:09:17 B: Cel Su-22 4040 chybiony
*0:09:24 B: Obiekt W-ZEú DROGOWY został zaatakowany
*0:09:29 C: zmiana trasy samolotu Su-22 1111
*0:09:33 A: zmiana trasy samolotu Su-22 9090
*0:09:34 A: Cel WĘZEL DROGOWY chybiony
*0:09:45 C: zmiana trasy samolotu Su-22 22222
*0:10:24 A: zmiana trasy samolotu Su-22 70720
*0:11:06 A: zmiana trasy samolotu Su-22 60601
*0:11:30 B: Obiekt NUR-31 bez nazwy został zaatakowany
*0:11:40 A: Losowanie dla NUR-31 wynik 39, prawdopodobieństwo 0
*0:11:40 A: Cel NUR-31 bez nazwy chybiony
*0:12:17 A: Zmiana ilości rakiet w salwie na 1
*0:12:31 A: Zmiana ilości rakiet w salwie na 2
*0:12:50 A: Zmiana wysokości Su-22 80802 na 120 m
:
//dalszy ciąg zdarzeń
:
*0:39:57 A: Cel Su-22 0000 chybiony
*0:40:45 A: Samolot MI-2 indeks 77300 wylądował
*0:48:43 B: Samolot Su-22 indeks 0000 wylądował
*0:54:48 213.241.8.10 Połączenie przerwane
*1:01:04 127.0.0.1 Połączenie przerwane
*1:01:10 CZAS OPERACYJNY STOP (21:21:09 UTC)

//Komunikat o zakończeniu trwania gry (grania epizodu)

#Zakończenie działania programu WGSERWER 2001.11.05 godzina 21:21:11

Analiza powyższego zapisu pozwala na identyfikację nie tylko wszystkich zdarzeń mających miejsce podczas symulacji, ale również na zrozumienie ich przyczyn i skutków które one wywołują. Plik ten jest szczególnie ważny dla poznawania istoty powietrznego wymiaru działań, a więc przede wszystkim jego badania.

4.6. Porównanie potencjałów

Wydaje się zasadne, iż grające strony (w szczególności kierownik ćwiczenia) chciałyby uzyskać w jak największym stopniu automatycznie porównanie potencjałów przed walką i po walce, czyli w chwili rozpoczęcia grania oraz w chwili zakończenia. Zatem w rozprawie proponuję wydruk na drukarkę i/lub ekran monitora porównanie owych stanów w formie tabelaryzowanej.

Każdy obiekt fizyczny występujący w grze reprezentowany jest zbiorem parametrów. Porównanie potencjałów stron konfliktu wymagało opracowania mechanizmu zapewniającego realizację mierzalnego kryterium. Trudność polega na niejednorodności owych obiektów. Trudno zatem znaleźć właściwy parametr, którym można by opisać obiekty o różnym przeznaczeniu i różniące się podstawowymi cechami. Dla przykładu porównanie takich obiektów jak: samolot, lotnisko, stacja radiolokacyjna, wyrzutnia raketowa, rakietka, bomba, czołg jest dość problematyczne. Toteż porównanie potencjałów przed i po walce może być rozbudowywane o rejestr zdarzeń z pliku wgserwer.log.

Pomysł porównania polega na odejściu od szukania jednego współczynnika, względem którego byłby liczony i porównywany potencjał jednej i drugiej strony. Zamiast tego przedstawiany jest bilans zasobów przed i po walce. Bilans powyższy można dodatkowo wygenerować z poziomu WGSERVER w dowolnej chwili czasowej.

Przykład bilansu stron identyfikowanych w grze (strony A (CZERWONYCH), B (NIEBIESKICH) i C (NEUTRALNYCH – ZIELONYCH)):

Obiekty strony A

Su-27	88348	100	100
Su-27	74567	100	100
Su-27	93449	100	100
Su-27	05330	100	100
DYWIZJON NEWA	567	100	100
BRYGADA KRUG	453	100	100
NUR-31	949	100	100
PORT		100	100

Obiekty strony B

Su-22	00009	100	100
Su-22	00008	100	100

Su-22	00001		100	100
Su-22	00007		100	0
Su-22	00002		100	0
Su-22	00006		100	100
Su-22	00003		100	100
Su-22	00005		100	0
Su-22	00004		100	0
DYWIZJON NEWA	567.....		100	100
NUR-31	456		100	100
NUR-31	567		100	100
ST. DOW.	678		90	100

Obiekty strony C

Su-27	65432	100	100
Su-27	232100	100
BRYGADA KRUG	757		100	100
NUR-31	678		100	100

Bilans zapisywany jest w formacie txt, dzięki czemu może być poddawany dalszej obróbce w dowolnym edytorze tekstów. Informacje w nim zawarte to: nazwa obiektu, numer lub miejsce stacjonowania, potencjał w momencie rozpoczęcia gry i potencjał z dowolnej chwili czasowej wyrażony w procentach.

4.7. Przewidywane zyski

Konstrukcja gry umożliwia ⁷⁰:

- weryfikowanie trafności podejmowanych decyzji;
- sprawdzanie szybkości reakcji, refleksu decydenta na zdarzenie wywołane działaniem przeciwnika lub siłami przyrody;
- ocenianie przez ekspertów znajomości zasad dowodzenia na szczeblu taktycznym;
- badanie efektywności i skuteczności działań bojowych, w zależności od stopnia trafności podejmowanych decyzji;
- kształtowanie systemowego podejścia do analizy konkretnych zdarzeń na polu walki⁷¹;

⁷⁰ Koziol J., Procesy decyzyjne w obronie powietrznej, AON, Warszawa, 1994.

⁷¹ Sienkiewicz P., Inżynieria systemów kierowania, PWE, Warszawa, 1988.

- kształtowanie umiejętności praktycznego posługiwania się nowoczesnymi środkami informatycznymi;
- kształcenie się w konwencji innowacji i nieszablonowości⁷²;
- kształtowanie poprawnego toku rozumowania poprzez możliwość obserwowania na bieżąco wpływu podjętych decyzji na przebieg symulowanych działań bojowych;
- rozgrywanie nawet niemożliwych sytuacji;
- weryfikowanie przydatności określonego rodzaju uzbrojenia w zestawieniu z innym;
- wielokrotną symulację różnych scenariuszy i różnych danych wejściowych.

⁷² Roy B., Wielokryterialne wspomaganie decyzji, WNT, Warszawa, 1990.

ZAKOŃCZENIE

Wymiar powietrzny, charakteryzujący się niepowtarzalnością zjawisk, dużym dynamizmem rozwoju oraz stosowania coraz to nowszych technologii wymaga również stosowania nowych technologii jego poznawania. 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. 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.

Mimo wielu wysiłków nie osiągnięto dotychczas znacznego postępu w systematycznym rozumieniu zagadnień związanych z prowadzeniem walk. Nie wytworzono, ani nie usystematyzowano dotychczas odpowiedniej wiedzy o metodach poznawania zjawisk występujących w powietrznym wymiarze działań, na tyle wiarygodnych by móc przypisać im miano naukowych. Dotychczasowe próby uogólnienia nagromadzonych doświadczeń w prowadzeniu działań bojowych oraz nadawania im rangi naukowości mają w większości walory historyczne.

Bardzo dynamiczny rozwój systemów komputerowych i systemów informatycznych prawdopodobnie zwielokrotni zapotrzebowanie na modele walki mające swoją reprezentację w postaci komputerowych gier symulacyjnych⁷³. Umiejętności projektowania, programowania i zastosowania komputerowych gier symulacyjnych uznawane są w wielu armiach jako wyraz intelektualnej dominacji nad potencjalnym przeciwnikiem⁷⁴.

Właśnie zaproponowany przeze mnie w rozprawie model walki sił OP szczebla taktycznego, w postaci interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej, może stać się efektywnym narzędziem badania współczesnego powietrznego pola walki, kształcenia dowódców i szkolenia organów sztabowych

W rozprawie przedstawiłem wyniki sześcioletnich badań zmierzających finalnie do skonstruowania właśnie takiego modelu, w postaci systemu informatycznego – interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej. Wynikiem przeprowadzonych prac

⁷³ Jan Zych, II Międzynarodowa Konferencja Media a edukacja, eMPI2, Poznań

⁷⁴ Barczak A., Komputerowe gry wojenne, Bellona, Warszawa 1996.

badawczych jest model logiczny oraz zaawansowane aplikacje weryfikacyjne, które powiązane systemowo stanowią już prawie taki model, zobrazowując jego możliwości. Aby możliwe było pełne zrozumienie przedstawionej syntezy moich badań w rozprawie przedstawiłem przyjęty i zastosowany sposób konstruowania modelu, przedmiot modelowania, aspekty matematyczne, techniczne i technologiczne problemu. Sądzę, że poszerzenie treści rozprawy o opis funkcjonowania stworzonych aplikacji weryfikujących jest lepszym, i bardziej pragmatycznym zabiegiem od rozpisywania wyimaginowanych, hipotetycznych rozwiązań, prowadzących do zbudowania takiego modelu.

Przedstawiony w rozprawie model walki sił OP szczebla taktycznego, w postaci interaktywnej komputerowej gry symulacyjnej, może stać się efektywnym narzędziem badania współczesnego powietrznego pola walki, kształcenia dowódców i szkolenia organów sztabowych.

BIBLIOGRAFIA

Literatura metodologiczna

- [I/1]. Wiśniewski E., *Metodyka wojskowych badań naukowych – część I, zeszyt 1 – Wprowadzenie do metodyki i wojskowe badania naukowe*, ASG WP, Warszawa 1988.
- [I/2]. Wiśniewski E., *Metodyka wojskowych badań naukowych – część I, zeszyt 2 – Materialistyczna metoda dialektyczna i ogólnonaukowe metody – sposoby podejścia*, ASG WP, Warszawa 1998.
- [I/3]. Wiśniewski E., *Metodyka wojskowych badań naukowych – część I, zeszyt 3 – Metody – sposoby działania*, ASG WP, Warszawa 1990.
- [I/4]. Wiśniewski E., *Metodyka wojskowych badań naukowych – część I, zeszyt 4 – proces wojskowych badań naukowych*, AON, Warszawa 1990.
- [I/5]. Wiśniewski E., *Metodyka wojskowych badań naukowych – część II – Metody sformalizowane*, ASG, Warszawa 1989.
- [I/6]. Kolman R., *Poradnik dla doktorantów i habilitantów*, OPO, Bydgoszcz 1994.
- [I/7]. Descartes R., *Rozprawa o metodzie*, Warszawa 1970.
- [I/8]. Sienkiewicz P., *Analiza systemowa podstawy i zastosowania*, Bellona, Warszawa 1994.
- [I/9]. Kotarbiński T., *Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk*, PWN, Warszawa 1986.
- [I/10]. Kotarbiński T., *Hasło dobrej roboty*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1984.
- [I/11]. Kotarbiński T., *Traktat o dobrej robocie*, Ossolineum, Wrocław 1982.
- [I/12]. Papis S., *Metodologia i metody nauk empirycznych*, PWN, Warszawa 1985.
- [I/13]. Pieter J., *Ogólna metodologia pracy naukowej*, Ossolineum, Wrocław 1967.
- [I/14]. Rudniański J., *Elementy prakseologicznej teorii walki*, PWN, Warszawa 1978.
- [I/15]. Sienkiewicz P., *Inżynieria systemów*, MON, Warszawa 1983.
- [I/16]. Sienkiewicz P., *Inżynieria systemów kierowania*, PWE, Warszawa 1988.
- [I/17]. Sienkiewicz P., *Metodyka stosowania analizy systemowej w wojsku*, ASG WP, Warszawa 1988.
- [I/18]. Sienkiewicz P., *Teoria efektywności systemów kierowania*, ASG WP, Warszawa 1979.
- [I/19]. Sienkiewicz P., *Analiza systemowa podstawy i zastosowania*, Bellona, Warszawa 1994.
- [I/20]. Kupisiewicz C., *Podstawy dydaktyki ogólnej*, PWN, Warszawa 1984.

- [I/21]. Okoń W., Nowy słownik pedagogiczny, Wydawnictwo Żak, Warszawa 1996.
- [I/22]. Łaniec J. D., Elementy statystyki dla pedagogów, Wyższa Szkoła Pedagogiczna w Olsztynie, Olsztyn 1994.
- [I/23]. Organizacja badań ankietowych w wojsku. Poradnik praktyczny, Praca zbiorowa, WAP, Warszawa 1983.

Literatura teorii problemu

- [II/1]. Zdrodowski B., Obrona powietrzna – zbiór wykładów – AON, Warszawa 1993.
- [II/2]. Zdrodowski B., Szydłowski A., Maskowanie w obronie powietrznej, AON., Warszawa 1995.
- [II/3]. Zdrodowski B., Kuriata R., Glen A., Model walki sił powietrznych pod kryptonimem „Walka POW – 4” – czwarty etap badań, AON, Warszawa, 1997.
- [II/4]. Zdrodowski B., Kuriata R., Glen A., Model walki sił powietrznych pod kryptonimem „Walka POW – 4” – piąty etap badań, AON, Warszawa, 1998.
- [II/5]. Zdrodowski B., Rozwiązywanie problemów obrony powietrznej i przeciwlotniczej z wykorzystaniem techniki mikrokomputerowej – skrypt, AON, Warszawa 1992.
- [II/6]. Zdrodowski B., Instrukcja eksploatacji i użytkowania programu komputerowego „Efektywność systemów OP NATO, ASG WP, Warszawa 1988.
- [II/7]. Kuriata R., Konceptualny model oddziałów i pododdziałów wojsk OPL ogólnowojskowego związku taktycznego – rozprawa doktorska, AON, Warszawa 1990.
- [II/8]. Barczak A., Komputerowe gry wojenne, Bellona, Warszawa 1996.
- [II/9]. Bis B., Janicki A., Orzeszko E., Staniec H., Organizacja i zasady prowadzenia obrony powietrznej przez wojska lotnicze i obrony powietrznej, WAT, Warszawa 1995.
- [II/10]. Ratajczak M., Mrowiec., Wieleba R., Symulacyjny model działań bojowych szczebla taktycznego Model-5T, AON, Warszawa 1996.
- [II/11]. Szpyra R., Współczesna wojna powietrzna, AON, Warszawa 1998.
- [II/12]. Grzelka A., Makowski P., Systemy nawigacyjne, AON, Warszawa 1995.
- [II/13]. Grzelka A., Makowski P., WSP-KOM-LSP – wspomaganie komputerowe w systemach kierowania lotnictwem, AON, Warszawa 1997.
- [II/14]. Flanek C., Metodologia projektowania systemów informatycznych, AON, Warszawa 1995.
- [II/15]. Flanek C., Analiza systemowa i metodologia modelowania systemowego – część I – Analiza systemowa w praktyce wojsk OPL, AON, Warszawa 1993.

- [II/16]. 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.
- [II/17]. Koziół J., Decyzje w dowodzeniu, AON, Warszawa 1998.
- [II/18]. Koliński K., Kozub M., Marszałek M., Nowak J., Dowodzenie siłami powietrznymi NATO – część III – dowodzenie na szczeblach taktycznych, AON, Warszawa 1999.
- [II/19]. Koliński K., Procedury dowodzenia SP NATO, PWLiOP nr. 3/2001.
- [II/20]. Koliński K., Jaki powinien być perspektywiczny system dowodzenia w naszych wojskach?, PWLiOP nr. 4/2001.
- [II/21]. Koliński K., z zespołem, Dowodzenie lotnictwem SP w działaniach wojsk lądowych, AON, Warszawa 2001.
- [II/22]. Koliński K., Procedury dowodzenia SP RP w systemie koalicyjnym i narodowym. AON, Warszawa 2001.
- [II/23]. Koliński K., z zespołem, Struktury organizacyjne i funkcjonalne systemu dowodzenia SP RP, AON, Warszawa 1999.
- [II/24]. Szpyra R., Marszałek M., Naziemne siły obrony powietrznej NATO (GBAD FORCES), AON, Warszawa 1998.
- [II/25]. Groszek Z., Obrona przeciwrakietowa w siłach powietrznych Rzeczypospolitej Polskiej, AON, Warszawa 1998.
- [II/26]. Grzelka A., Makowski P., Określenie promieni taktycznych samolotów myśliwsko- bombowych i myśliwskich metodami symulacji komputerowej – „Promień”, AON, Warszawa, 1995.
- [II/27]. Zajas S., Nowak J., Cieślak E., Gruszczyński J., Wybrane aspekty doktryny sił powietrznych NATO, AON, Warszawa 1997.
- [II/28]. Koliński K., Siły powietrzne w połączonych operacjach sprzymierzonych, AON, Warszawa, 1998.
- [II/29]. Mordarski Z., Systemy walki radioelektronicznej lotnictwa państw NATO – studium taktyczne, AON, Warszawa 1998.
- [II/30]. Drążczyk W., Zadania, organizacja i funkcjonowanie sztabu logistyki (I)CAOC podczas przygotowania działań bojowych sił powietrznych NATO, AON, Warszawa 1998.
- [II/31]. Grzelka A., Modelowanie działań bojowych lotnictwa - część pierwsza - pokonywanie lotniczych środków obrony powietrznej przez lotnictwo sił powietrznych, AON, Warszawa 1998.

- [II/32]. Modelowanie działań bojowych lotnictwa - część druga - określenie wybranych wskaźników możliwości bojowych śmigłowców p.k. MODBL-HUZAR, AON, Warszawa 1998.
- [II/33]. Pielą L., Ratajczak M., Antosiewicz A., Mickiewicz R., Mrowiec T., Wieleba R., Ogólna ocena realizacji symulatora tła taktyczno-operacyjnego, ASG WP, Warszawa 1985.
- [II/34]. Kołodziński E., Modelowanie matematyczne, WAT, Warszawa 1992.
- [II/35]. Nowicki T., Modelowanie matematyczne metody symulacyjne, WAT, Warszawa 1994.
- [II/36]. Chojnacki A., Elementy matematyki współczesnej, WAT, Warszawa 1982.
- [II/37]. Coad P., Yourdon E., Analiza obiektowa, Oficyna Wydawnicza Read Me, Warszawa, 1994.
- [II/38]. Davis P., Hersh R., Świat matematyki, PWN, Warszawa, 1994.
- [II/39]. Grzelka Andrzej, Makowski Piotr, Systemy nawigacyjne, AON, Warszawa 1995.
- [II/40]. Hatley D.J., Pirbhai I.A., Strategies for Real-Time System Specification, Dorset House Publishing, New York, 1988.
- [II/41]. Instrukcja eksploatacji i użytkowania programu komputerowego „Efektywność systemów OP NATO”, ASG, Warszawa 1988.
- [II/42]. Jackson M., System Development, C.A.R.Hoare Series, Prentice Hall Inc., 1983.
- [II/43]. Kołodziński Edward, Modelowanie matematyczne, WAT, Warszawa 1992.
- [II/44]. Koziół Jerzy, Decyzje w dowodzeniu, AON, Warszawa 1998.
- [II/45]. Koziół Jerzy, Podejmowanie decyzji o obronie powietrznej, AON, Warszawa 1996.
- [II/46]. Lavi J.Z., Winokur M., Embedded computer systems: requirements analysis specification: An industrial course, SEI Conference Virginia 1988.
- [II/47]. Nowicki Tadeusz, Modelowanie matematyczne, WAT, Warszawa 1994.
- [II/48]. Nielsen K., Designing Large Real-time Systems With ADA, Multiscience Press Inc., 1988.

- [II/49]. Piela Ludwik, Ratajczak Maciej, Antosiewicz Adam, Mickiewicz Roman, Mrowiec Tomasz, Wieleba Ryszard, Ogólna ocena realizacji symulatora tła taktyczno-operacyjnego, ASG, Warszawa 1985.
- [II/50]. Ratajczak Maciej, Mrowiec Tomasz, Wieleba Ryszard, Symulacyjny model działań bojowych szczebla taktycznego model – 5T, AON, Warszawa 1996.
- [II/51]. Rumbaugh J., Blaha M., Premerlani W., Eddy F., Lorensen W., Object-Oriented Modeling and Design, Prentice-Hall Inc., 1991.
- [II/52]. Ward P.T., Mellor S.J., Structured Development for real-time systems, Yourdon Computing Series, Yourdon Press, Prentice Hall Inc., 1985.
- [II/53]. Wassermann A.I., Pircher P.A., Muller R.J., Concepts of Object-Oriented Structured Design, Interactive Development Environments Inc., 1989.
- [II/54]. Yourdon E., Współczesna analiza strukturalna, WNT, Warszawa, 1996.
- [II/55]. Zdrodowski B., Obrona Powietrzna, AON, Warszawa 1995.
- [II/56]. Zdrodowski B., Kowalewski M., Podstawy obrony powietrznej ogólnowojskowego związku operacyjnego, ASG WP, Warszawa 1989.
- [II/57]. Jackson M., System Development, C.A.R.Hoare Series, Prentice Hall Inc., 1983.
- [II/58]. Huzarski M., Zmiany w teorii Taktyki ogólnej wojsk lądowych, AON, Warszawa 1998.
- [II/59]. Coad P., Yourdon E., Analiza obiektowa, Oficyna Wydawnicza Read Me, Warszawa, 1994.
- [II/60]. Zdrodowski B.: Punkt dowodzenia obroną przeciwlotniczą związku taktycznego. AON. Warszawa 1992.
- [II/61]. Zdrodowski B.: Teoria obrony powietrznej wojsk operacyjnych. AON. Warszawa 1994.
- [II/62]. Zdrodowski Bogdan, Doktryny OP RP i NATO – podobieństwa i różnice, AON, Warszawa 2000.
- [II/63]. Zdrodowski Bogdan, Kierunki i zakres niezbędnych zmian doktrynie OP RP, AON, Warszawa 2001.

[II/64]. Zdrodowski Bogdan wraz z zespołem. Model walki sił powietrznych. Tom: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11. Komitet Badań Naukowych, Warszawa 2000 – 2001.

[II/65]. Zych Jan, II Międzynarodowa Konferencja Media a edukacja, eMPI2, Poznań 1998.

Regulaminy działań STANAG-i, ATP

[III/1]. STANAG 2014 OP – Rozkazy operacyjne, zarządzenia wstępne i administracyjne/logistyczne;

[III/2]. STANAG 2029 OP - Metoda opisu naziemnych punktów rejonów i linii rozgraniczających;

[III/3]. STANAG 2041 M and T – Rozkazy operacyjne, tabele i grafy dotyczące ruchu drogowego;

[III/4]. STANAG 1001 OP – System oznaczania dni i godzin w odniesieniu do działań i ćwiczeń;

[III/5]. ATP-33(B) - Doktryna Sił Powietrznych NATO, 1998.

[III/6]. ATP-40(A) - Zasady kontroli przestrzeni powietrznej w czasie kryzysu i wojny, 1995.

[III/7]. ATP-15(E) - Słownik skrótów używanych w dokumentach NATO-wskich, 1995.

[III/8]. ADATP-3 – System formatowania tekstów wiadomości w NATO.

[III/9]. Regulamin działań taktycznych sił powietrznych, DWLOP, Warszawa 1996.

[III/10]. Regulamin lotów lotnictwa wojskowego (RL-86), DWL, Poznań 1986.

[III/11]. Regulamin wojskowego lotnictwa transportowego (załoga pułk), MON, Warszawa 1967.

Literatura techniczna

[IV/1]. Adamczewski P., Zintegrowane systemy informatyczne, MIKOM, Warszawa 1998.

[IV/2]. Porębski W., Obiektowe języki programowania, HELP, Warszawa 1994.

[IV/]. Glenford J., Projektowanie niezawodnego oprogramowania, WNT, Warszawa 1980.

[IV/3]. Lipowska D., Reprezentacje semantyczne w komputerowych systemach przetwarzania języka naturalnego, UAM, Poznań 1991.

[IV/4]. Gnybek J., Oracle, Helion, Gliwice 1997.

- [IV/5]. Maro L., Ufnalski A., Komputer bliżej projektanta – poradnik, Arkady, Warszawa 1978.
- [IV/6]. Łukasz S., Magia gier wirtualnych, MIKOM, Warszawa 1998.
- [IV/7]. Wieczorkowski R., Zieliński R., Komputerowe generatory liczb losowych, WNT, Warszawa 1997.
- [IV/8]. Deo N., Teoria grafów i jej zastosowania w technice i informatyce, PWN, Warszawa 1980.
- [IV/9]. Feichtinger H., Mikrokomputery poradnik, WKŁ, Warszawa 1988.
- [IV/10]. Słownik języka polskiego, PWN, Warszawa 1993.
- [IV/11]. Okoń W., Nowy słownik pedagogiczny, Wydawnictwo Żak, Warszawa 1996.
- [IV/12]. Terminy, definicje i skróty używane przez obronę powietrzną NATO, Zespół Redakcyjno-Wydawniczy WLOP, Poznań 1994.
- [IV/13]. Encyklopedia Techniki Wojskowej, WMON, Warszawa 1987.
- [IV/14]. Słownik informatyki, WNT, Warszawa 1989.

Załącznik nr 1 - Przykładowe, ogólne opisy komponentów, obiektów i subobiektów będących przedmiotem badań.

F-16A FALCON

Samolot myśliwski F-16A FALCON jest przeznaczony do zwalczania celów powietrznych w strefie działań lotnictwa taktycznego, celów naziemnych, a także w wersji „G” do prowadzenia walki radioelektronicznej. Samolot ten posiada urządzenia łączności z systemem utajniającym, kodującym oraz z systemem rozpoznania „SWÓJ-OBCY”. Zainstalowane na pokładzie samolotu urządzenia nawigacyjne i radionawigacyjne umożliwiają wykonywanie lotów bez widoczności ziemi. W skład urządzeń kierowania ogniem wchodzi: celownik radiolokacyjny oraz laserowy. Samolot ma pokładzie urządzenia przeciwdziałania radioelektronicznego umożliwiające prowadzenie zakłóceń stacji radiolokacyjnych w paśmie częstotliwości $<2 \dots 10>$ GHz.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne tego samolotu:

- załoga jednoosobowa;
- osiąga maksymalne prędkości (V_{max}):
 - na małej wysokości (H_m) 1472 km/h;
 - na dużej wysokości (H_d) 2120 km/h;
- pułap praktyczny 15240 m;
- zasięg maksymalny 3750 km;
- taktyczny promień działania:
 - średni 700 km;
 - na małej wysokości 450 km;
- uzbrojenie strzeleckie: działko M-61 VULCAN;
- uzbrojenie raketowe:
 - kierowanie radiolokacyjne 4x SPARROW;
 - samonaprowadzające się na podczerwień 6x SIDEWINDER AIM-9;
- maksymalny udźwig uzbrojenia 6894 kg.

MiG-29

Samolot myśliwski MiG-29 przeznaczony jest do zwalczania celów powietrznych w strefie działania lotnictwa taktycznego, osłony myśliwskiej grup uderzeniowych lotnictwa oraz wojsk w strefie operacyjnej. Może być stosowany do zwalczania celów naziemnych i nawodnych. Samolot MiG-29 wyposażony jest w dopplerowską stację radiolokacyjną przystosowaną do jednoczesnego wykrywania śledzenia celów, dalmierz

laserowy sprzężony z umieszczonym w konstrukcji hełmu pilota układem wskazywania celów, urządzenie ostrzegające o opromieniowaniu i bierne środki walki radioelektronicznej (wyrzutnie flar i dipoli). Uzbrojenie samolotu stanowią: działko Gsz-30 z zapasem 50 sztuk amunicji; pociski raketowe R-27R z półaktywnym radiolokacyjnym układem naprowadzania, R-73 lub R-60MK z układami samonaprowadzania na podczerwień, przenoszone na sześciu belkach podskrzydłowych. Do zwalczania celów naziemnych samolot może być uzbrojony w niekierowane pociski raketowe lub bomby.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne MiG-a 29:

- załoga jednoosobowa;
- prędkość maksymalna:
 - na małej wysokości (Hm) 1300 km/h;
 - na dużej wysokości (Hd) 2465 km/h;
- pułap maksymalny 19800 m;
- zasięg maksymalny 2050 km;
- taktyczny promień działania:
 - na małej wysokości <220..250> km;
 - na dużej wysokości <550..600> km;
- czas dyżurowania w strefie oddalonej 50 km od lotniska 40'.

Na podstawie przytoczonych przykładów można zauważyć, że nie w pełni nadają się one do zastosowania do modelu. Zapis w notacji formalnej powinien zawierać jednoznaczne określenie danego parametru. Jak widać z przedstawionych przykładów należało wyodrębnić te parametry które będą istotne z punktu widzenia funkcjonowania modelu. Zastosowałem trzy podstawowe typy danych:

- wyrażone w postaci funkcji boolowskiej przyjmującej wartości true/false;
- opisowe typu string przyjmujące wartości (znaki) alfanumeryczne;
- liczbowe przyjmujące najczęściej wartości z zakresu integer, odpowiednio modyfikowane.

Na lotnisku najważniejszymi elementami są:

- elementy OPL (najczęściej na początku i na końcu pasa startowego);
- drogi kołowania;
- pas startowy;
- składy materiałów pędnych i smarów (występują najczęściej dwa);
- strefy rozśrodkowania samolotów (płaszczyzny postojów samolotów);

- składy amunicji.

Spełnienie warunku adekwatności modelu wymusiło reprezentację lotniska jako obiektu złożonego. Sformułowanie, iż lotnisko po ataku bombowym zostało uszkodzone w 40% nosi znamiona zafalszowanej diagnozy, jest nie do przyjęcia. Lotnisko (lądowisko) powinno być postrzegane jak zbiór zależnych względem siebie subkomponentów, o silnych korelacjach względem siebie. Czyli, lotnisko (lądowisko) nie może być modelowane jako jednorodna płaszczyzna, musi być to zbiór subobiektów. Toteż dla modelu każdy z subobiektów stanowi osobny byt reprezentowany zbiorem parametrów.

Przeciwlotniczy zestaw raketowy S-300 PMU

Zestaw ten jest przeznaczony do zwalczania celów powietrznych w zakresie dużych i małych wysokości, w warunkach intensywnego przeciwdziałania radioelektronicznego i dużej intensywności nalotu. Może współpracować ze zautomatyzowanym systemem dowodzenia typu BAJKAŁ -1E. Nie może być podłączony do ZtSD typu WEKTOR-2WE.

W skład zestawu wchodzi wielofunkcyjna stacja radiolokacyjna do podświetlania i naprowadzania pocisków na cel, 12 zasobników – wyrzutni z 4 pociskami w każdej. Charakteryzuje się krótkim czasem reakcji, dużym stopniem automatyzacji wszystkich czynności przygotowawczych i wysokim tempem strzelania. Zestaw jest zamontowany na podwoziu samochodowym, charakteryzuje się wysoką gotowością bojową. Wielofunkcyjna stacja radiolokacyjna (przeznaczona do podświetlania celów i naprowadzania pocisków) składa się ze stanowiska antenowego i konteneru z aparaturą, umieszczonych na wspólnym podwoziu kołowym. Zapewnia śledzenie celów i dużą dokładność nakierowania pocisków, w warunkach odbicia sygnałów od przeszkód terenowych i silnego przeciwdziałania elektronicznego.

W kontenerze z aparaturą umieszczone są stanowiska operatorów, wieloprocessorowa maszyna licząca i wbudowana aparatura kontroli. Samochodowa wyrzutnia wyposażona jest w cztery zasobniki – wyrzutnie pocisków raketowych.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

- zasięg:
- maksymalny – 90 km;
- minimalny – 7 km;
- pułap:
- maksymalny – 25000 m;

- minimalny – 25 m;
- prędkość niszczonego celu powietrznego:
- na kursach spotkaniowych – 1270 m/s;
- w pościgu – 500 m/s;
- ilość jednocześnie ostrzeliwanych celów – 6;
- ilość jednocześnie naprowadzanych rakiet – 12;

Sposób naprowadzania – dowódczy (naprowadzanie przez raketę metodą „trach – via – missile”) - polega na opromieniowaniu celu powietrznego przez stację radiolokacyjną. Odbity sygnał przyjmuje pasywna głowica radiolokacyjna pocisku i chronionym przed zakłóceniami kanałem przekazuje go na ziemię. Tam sygnał ten przetwarza komputer i przekazuje do układu kierowania pocisku komendy naprowadzające go na cel.

Przeciwlotniczy zestaw raketowy HAWK

Jest on sprawdzonym zestawem raketowym w systemie obrony powietrznej państw NATO. Może oddziaływać na cele powietrzne w zakresie wysokości – od małej do średniej. Mobilny, działa we wszystkich warunkach atmosferycznych, przystosowany do transportu powietrznego. Występuje w dwóch wersjach: mobilnej na podwoziu gąsienicowym i ciągnionej.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

- zasięg: maksymalny – 42km; minimalny – 2km;
- pułap: maksymalny – 18km; minimalny – 30m;
- prędkość maksymalna pocisku – 840m/s;
- układ naprowadzania – półaktywne samonaprowadzanie radiolokacyjne na fali ciągłej;
- maksymalna odległość wykrycia celu – 110km;
- automatyczne śledzenie celów od odl. – 70km;
- możliwość ostrzelania jednoczesnego celu – 2;
- prawdopodobieństwo rażenia celu manewrującego – 0,8.

Przeciwlotniczy zestaw raketowy PATRIOT

Jest to zestaw o dużych możliwościach mobilnych (wszystkie urządzenia wchodzące w skład zestawu mają podwozia kołowe). Może oddziaływać na cele powietrzne w zakresie wysokości od średnich do dużych, we wszystkich warunkach atmosferycznych, także przy zakłóceniach środkami walki radioelektronicznej. Zestaw

wyposażony jest w wielofunkcyjny radar, który zapewnia wykonanie wszystkich zadań niezbędnych do przechwycenia, identyfikacji i śledzenia celów oraz kierowania rakieta. Posiada automatyczny i półautomatyczny reżim pracy. Obsługa systemu ma możliwość ciągłego nadzoru i w każdej chwili może manualnie wprowadzić poprawki do (sterowanego komputerowo) prowadzenia walki.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

- zasięg:
- maksymalny – 60 km;
- minimalny – 3 km;
- Pułap:
- maksymalny – 24000 m;
- minimalny – 50 m;
- prędkość maksymalna pocisku – 900 m/s;
- wyrzutnia – ciągniona, czteroprowadnicowa, silnik jednostopniowy na paliwo stałe;
- układ naprowadzania – półaktywne samonaprowadzanie radiolokacyjne metodą dowodzenia, przy śledzeniu celu poprzez aparaturę pocisku;
- maksymalna odległość wykrycia celu – 150 km;
- możliwość jednoczesnego ostrzelenia celów powietrznych – 16;
- prawdopodobieństwo celu manewrującego – 0,95.

Przenośny przeciwlotniczy zestaw raketowy STINGER

Zestaw ten charakteryzuje się możliwością zwalczania celów powietrznych nadlatujących na strzelca. Wyposażony jest w automatyczne urządzenie rozpoznawcze „swój-obcy”.

Podstawowe dane taktyczno-techniczne:

- zasięg:
- maksymalny – 5,5 km (1 km na cele nadlatujące);
- minimalny – 500 m;
- Pułap:
- maksymalny – 3000 m;
- minimalny – 0 m;
- prędkość maksymalna pocisku – 700 m/s;
- wyrzutnia przenośna jednorazowego użytku.

Zestaw artyleryjsko-rakietowy TUNGUSKA

Zestaw ten został opracowany w latach 70-tych, jako system który wykorzystuje duże możliwości rakiet przeciwlotniczych w zwalczaniu środków napadu powietrznego, ale jednocześnie jest skuteczny jako środek artylerii przeciwlotniczej, szczególnie w walce ze śmigłowcami i samolotami na małej wysokości.

Posiada dwa 30 mm działka przeciwlotnicze i osiem rakiet przeciwlotniczych w kontenerach transportowo-startowych. System uzbrojenia zamontowany jest na podwoziu gąsiennicowym, co powoduje, że zestaw jest wysoce mobilny. Zestaw wyposażony jest w stację radiolokacyjną do poszukiwania i śledzenia obiektów w powietrzu. Szybkostrzelność działek wynosi 5000 strz./min; zasięg działania – 4000 m; zapas amunicji 1904 szt. Zestaw przechwytuje cele na wysokościach od 15 do 22 km. Pociski rakietowe o średnicy 150 mm i długości 2000 mm posiadają zasięg 8000 m i mogą być kierowane systemem laserowym lub na promienne podczerwień.

Radiolokacyjna stacja ostrzegawcza NUR-31

Jest ona przeznaczona do wykrywania obiektów powietrznych lecących w odległości 200 km na pułapie 27 km. Stacja produkowana jest w dwóch wariantach: mobilnym i stacjonarnym. W wersji mobilnej aparatura radaru wraz z anteną znajduje się na podwoziu samochodu TATRA.

Stacja ma rozbudowane układy przeciwwzakłóceniewe radaru, zapewniające dużą odporność na zakłócenia czynne i bierne. Antena stacji rozwijana jest automatycznie, co w znacznym stopniu skraca czas rozwinięcia stacji. Półautomatyczne poziomowanie anteny oraz możliwość współpracy z wysokościomierzem czynią stację łatwą w obsłudze, nowoczesną, która może pracować zdalnie sterowana z wynośnego wskaźnika.

Radiolokacyjne stacje NUR-21 i NUR-22

Przeznaczone są one do wykrywania celów powietrznych nisko lecących. Mają możliwość wykrywania celów powietrznych lecących w odległości do 100 km na pułapie do 5000 m, z prawdopodobieństwem 0,8. W stacjach tych zastosowano cyfrowe układy z mapą zakłóceń oraz układem automatycznego wykrywania i śledzenia. Rozwijanie, zwijanie i poziomowanie anteny odbywa się w sposób automatyczny. Obie te stacje charakteryzują się wysoką mobilnością w terenie, posiadają wbudowane

układy żyronawigacji, co umożliwia im poruszanie się w trudnych warunkach terenowych.

Radiolokacyjna stacja TDR-1200

Jest stacja trójwspółrzędna, nowej generacji, dalekiego zasięgu z antenami ścianowymi. Płaska antena ścianowa radaru formuje pojedynczą wiązkę nadawczą oraz osiem połączonych wiązek odbiorczych. Przeszukiwanie w płaszczyźnie azymutu odbywa się poprzez mechaniczny obrót anteny, a określenie wysokości wykrywanego obiektu metodą monoimpulsową. Urządzenie składa się z trzech integralnych jednostek funkcjonalnych oraz przewoźnej stacji energetycznej. Jednostki te (antenowa, nadawcza i operacyjna) znajdują się na nadwoziach typu kontenerowego.

Mobilność urządzenia zapewniona jest poprzez możliwość transportu lotniczego, kolejowego i drogowego, hydrauliczny system rozwijania i zwijania oraz automatyczne poziomowanie platformy anteny.

Stacja umożliwia jednoczesne śledzenie do 120 obiektów powietrznych oraz automatyczną, lub półautomatyczną ich inicjację. Zasięg stacji wynosi do 350 km, dla powierzchni skutecznej obiektu wynoszącej 2 m kwadratowe, z prawdopodobieństwem wykrycia 0,8. Szerokość wiązki w azymucie wynosi 2,9 stopnia, poziom listków bocznych 35 dB. Antena obraca się z prędkością 6 obr/min.

Stacja radiolokacyjna NUR-41

Jest wysokościomierz, charakteryzuje się on możliwością wykrywania celów powietrznych do wysokości 360 km. Stacja zapewnia pokrycie elewacji w przedziale kąta od - 2 do + 30 stopni. Rozpiętość reflektora w elewacji wynosi około 10 m, a liczba wahnięć w elewacji od 6 do 16 na minutę. Ustawienie anteny na przeciwległy azymut odbywa się w czasie 5 minut. Antena rozwijana jest za pomocą silników hydraulicznych.

Aparatownie radioodbiorcze

Należą one do środków rozpoznania radioelektronicznego. Aparatownie radioodbiorcze U-2, K-2, K-3, K-8, K-9, K-12 należą do klasy odbiorników sygnałów radioelektronicznych. Każda z nich ma dedykację do specyficznych sygnałów. Przykład: ARO U-2 jest przeznaczona do odbioru słuchowego oraz optycznej obserwacji sygnałów radiowych w zakresie 100 – 425 MHz (odbiorniki R-313 M2 oraz wskaźnik panoramiczny R-319); w zakresie 100-520 MHz (odbiornik UP-3MB).

Natomiast ARO K-9 przeznaczona jest do odbioru wielokanałowych emisji telegraficznych ze zwielokrotnieniem czasowym w zakresie 1,5 do 25,5 MHz.

Powietrzne elementy rozpoznania przestrzeni powietrznej

AWACS

Powietrzny system wczesnego wykrywania i naprowadzania - AWACS przeznaczony jest do wykrywania celów powietrznych, naziemnych i nawodnych, przekazywania informacji o wykrytych celach i naprowadzania na nie lotnictwa. Podstawowym elementem systemu AWACS są samoloty E-3A, z zespołem pokładowym urządzeń radiolokacyjnych, elektronicznych i radiowych. Samolot E-3A powstał w wyniku przystosowania samolotu Boeing 707-320 do celów wojskowych. Do najważniejszych zamian konstrukcyjnych samolotu należą: zamontowanie na tylnej części kadłuba obrotowej kopuły antenowej i dodatkowych anten, zmiana oprofilowania mocowań silników, zamontowanie instalacji tankowania paliwa w powietrzu, zmiana otworów okiennych i drzwiowych oraz wyposażenie w jedenaście stanowisk śledzenia, kontroli i odtwarzania sytuacji powietrznej. Obrotowa kopuła antenowa ma średnicę 9,14 m i 1,83 m grubości. Kopuła wewnątrz mieści antenę radiolokacyjnej stacji wykrywania, antenę urządzenia identyfikacji celów oraz wyposażenie pomocnicze. W czasie pracy bojowej antena obraca się hydraulicznie z prędkością 6 obrotów na minutę. W pozostałej fazie lotu, dla podtrzymania smarowania antena obraca się z prędkością $\frac{1}{4}$ obrotu na minutę. Ponadto w skład zasadniczych urządzeń pokładowych wchodzi: zestaw urządzeń komputerowych do szybkiego gromadzenia, przetwarzania i automatycznego przekazywania informacji i komend; urządzenia zabezpieczające przed przeciwdziałaniem elektronicznym.; urządzenia łączności, nawigacyjne i radionawigacyjne.

Załogę samolotu stanowi 17 osób, w tym 4 członków załogi, 9 operatorów urządzeń wykrywania i naprowadzania oraz 4 techników pokładowych urządzeń elektronicznych. Ponadto na pokładzie samolotu może znajdować się zespół dowodzenia, wyznaczony przez dowódcę sił powietrznych teatru działań wojennych, mający uprawnienia do dowodzenia lotnictwem oraz siłami i środkami OP.

Możliwości systemu w zakresie wykrywania uzależnione są od rodzaju, odległości i wysokości celu powietrznego. System ten umożliwia wykrywanie:

- celów powietrznych lecących z prędkością 150 km/h;
- samolotów lecących na bardzo małych wysokościach, w odległości do 400 km;

- samolotów myśliwsko-bombowych, lecących na wysokościach średnich i dużych, w odległości do 650 km;
- pocisków raketowych i śmigłowców w odległości do 240 km;
- celów nawodnych (w zależności od skutecznej powierzchni odbicia) w odległości 110-400 km.

Pokładowa stacja radiolokacyjna samolotu umożliwia wykrycie około 1000 celów i śledzenie do 400 celów. Pojedynczy samolot E-3A umożliwia automatyczne naprowadzanie 30 samolotów (grup). Naprowadzanie jest realizowane przez znajdujących się na pokładzie operatorów. Pokładowa aparatura radiowa samolotu E-3A zapewnia utrzymanie łączności z załogami samolotów znajdujących się w odległości do około 600 km. Poza wykorzystaniem samolotów E-3A do wykrywania i naprowadzania, mogą one być wykorzystane do prowadzenia rozpoznania systemów radiolokacyjnych i łączności przeciwnika oraz stanowić powietrzne punkty dowodzenia sił powietrznych.

Zasadniczym sposobem działania samolotów systemu AWACS jest dyżurowanie w powietrzu. Średni czas jednego lotu wynosi 8 do 10 godzin, z czego ponad 2 godziny trwa lot do strefy dyżurowania i powrót na lotnisko bazowania. Średnia wysokość lotu samolotów strefie dyżurowania wynosi około 9000 m, a średnia odległość stref dyżurowania od granicy państwowej wynosi 80 do 100 km. Tankując samolot w powietrzu można zwiększyć długotrwałość lotu nawet do 24 godzin. W przypadku działań wojennych strefy dyżurowania odsunięte są na odległość około 200 km od rubieży styczności bojowej wojsk.

AWIZO A-50

Powietrzny system wczesnego wykrywania i naprowadzania – AWIZO – A-50 przystosowany jest do pełnienia misji w systemie rozpoznania przestrzeni powietrznej Rosji. Zasadniczym elementem systemu jest samolot IŁ-76 z zamontowaną stacją radiolokacyjną, umożliwiającą wykrywanie celów powietrznych na małych wysokościach w odległości do 230 km. Komputer sterujący radiolokatorem umożliwia jednocześnie śledzenie do 50 celów.

Załoga samolotu składa się z 5 osób. Na pokładzie znajduje się dziesięć stanowisk dla operatorów radaru, każdy z nich może naprowadzić jeden samolot myśliwski z wykorzystaniem zakresu przyrządowego. Długotrwałość patrolowania w strefie oddalonej o 1000 km od lotniska wynosi 4 godziny, ale może być zwiększona poprzez tankowanie samolotu w powietrzu.

Samolot systemu A-50 jest wyposażony w środki łączności:

- zautomatyzowany system przekazywania danych do naziemnych stanowisk dowodzenia;
- zasięg transmisji sięga 350 km (UKF), 2000 km (KF) i jest nieograniczony przy wykorzystaniu łączności satelitarnej.

Antena łączności satelitarnej umieszczona jest na grzbiecie kadłuba samolotu (przed skrzydłem). Samoloty systemu A-50 występują w kilku wersjach. Jedną z nich jest wersja wyposażona w nowy typ stacji radiolokacyjnej „CZMIEL-M”. Posiada ona rozbudowane układy przeciwwakłóceniowe, zakres pasywny umożliwiający analizę i określenie położenia aktywnych środków zakłóceń. Poza rolą samolotu wczesnego wykrywania i naprowadzania samolot IŁ-76 systemu A-50 może być także wykorzystywany do kierowania ruchem lotniczym, bezpośredniego kierowania lub pośredniczenia w procesie dowodzenia samolotami myśliwskimi systemu OP, prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego.

Łącznie w Rosji zbudowano 25 samolotów IŁ-76 dla potrzeb systemu A-50, z czego jedynie połowa wykonuje loty operacyjne. Znajdują się one pod operacyjną kontrolą wojsk obrony powietrznej.

METRO-III

Samolot wczesnego wykrywania i naprowadzania T-88 oparty został na bazie dwusilnikowego, turbośmigłowego samolotu transportowego C-26, przy współpracy szwedzkiej firmy Ericsson Radar Electronics AB z amerykańską wytwórnią lotniczą Fairchild Aircraft Corporation. Na samolocie zamontowano radar, który posiada możliwość skanowania wycinka kąta 120 stopni, po każdej ze stron anteny, w zakresie pasm promieniowania mikrofalowego E-F (2-3 GHz i 3-4 GHz). Antena radaru zainstalowana jest wewnątrz prostopadłościennej obudowy, wykonanej z materiału kompozytowego, zaopatrzonej w dielektryczne okna z Kevlaru, przez które przechodzą fale elektromagnetyczne. Antena radaru ma bardzo małe listki boczne charakterystyki promieniowania. Składa się ona z 200 całkowicie półprzewodnikowych modułów nadawczo-odbiorczych. Obróbka sygnałów odbywa się na pokładzie samolotu. Radar jest dobrze przygotowany do pracy w warunkach silnego przeciwdziałania środków walki radioelektronicznej przeciwnika. Połączenie z pokładowymi systemami awioniki (łącznościowymi i nawigacyjnymi) pozwala na całkowicie zdalne sterowanie radaru ze stacji naziemnej lub działanie autonomiczne ze znajdującym się na pokładzie samolotu operatorem. Samolot T-88 Metro III może wykrywać cele powietrzne na dużej

wysokości na odległość do 400 km, a na małej wysokości do 300 km. Może on śledzić jednocześnie 130 celów powietrznych oraz naprowadzać metodą foniczną równocześnie 12 samolotów na cele powietrzne. Długość patrolowania samolotu w powietrzu wynosi 6 godzin. Strefa dyżurowania samolotu w powietrzu usytuowana jest 100-200 km od granicy państwowej (rubieży styczności bojowej wojsk) na wysokości 6000 m.

Załącznik nr 2 - Opis środowiska ORACLE

Oracle Designer/2000

Jest to zestaw wytwarzanych przez firmę Oracle narzędzi do konstruowania złożonych aplikacji. Designer/2000 wspiera graficzne modelowanie złożonych systemów na etapie projektowania. Wspólne repozytorium, uwzględnianie różnych konwencji modelowania, wygodne środowisko tworzenia aplikacji w strategii klient/serwer oraz otwarta i przenośna architektura sprawiają, że Designer/2000 oraz Developer/2000 są najlepszymi obecnie narzędziami do projektowania i tworzenia aplikacji klient/serwer.

Designer/2000 umożliwia poprawne projektowanie i punktualne tworzenie aplikacji klient/serwer spełniających zmienne wymagania na system. Designer/2000 ma modułarną architekturę, co pozwala stosować tylko te składowe, które pasują do specyficznych wymagań i stosowanej metodyki.

Nowoczesne techniki inżynierii procesów wbudowane w Designer/2000 ułatwiają analizę i optymalizację procesów. Narzędzie to umożliwia przygotowywanie modeli hierarchii organizacyjnej i procesów zawierających dźwięk, obrazy, animację i fragmenty wideo. Multimedialna animacja tworzonych modeli w proporcjonalnej skali czasowej ułatwia wykrycie tzw. „wąskich gardeł”, nieoptymalnych procesów.

Dokładne rozpoznanie wymagań użytkowników ułatwiają diagramy do modelowania danych i funkcji, ich struktur logicznych i fizycznych oraz związanych z nimi reguł i sposobu implementacji w środowisku klient/serwer.

Modele zapisane w repozytorium są podstawą do budowy aplikacji. Automatycznie tworzone są formularze, raporty i procedury składowane w bazie, co umożliwia właściwy rozkład aplikacji między stacje robocze a serwer bazodanowy. Zachowanie wspólnych dla wszystkich tworzonych w środowisku graficznym formularzy i raportów standardów umożliwia szablon i wzorce przechowywane w repozytorium.

Środowisko Designer/2000 jest otwarte dla wszystkich innych repozytoriów i narzędzi. Interfejs API – ang. Application Programming Interface - ułatwia integrację z narzędziami CASE i aplikacjami innych niż Oracle wytwórców. Natomiast Oracle CASE Exchange pozwala wymieniać encje (byty), atrybuty, dziedziny, relacje i procesy z innymi popularnymi repozytoriami. Dzięki temu przygotowana specyfikacja tworzonego systemu będzie zawsze wykorzystana, niezależnie od wybranych narzędzi.

Designer/2000 znacząco przyspiesza produkcję aplikacji przy pomocy wydajnych i popularnych metod modelowania. Umożliwia tworzenie modeli związków

encji, hierarchii funkcji, przepływów danych, modeli macierzowych, a także pozwala przejąć dane zawarte w modelu procesów. Repozytorium Designer/2000 wspomaga dzielenie obiektów między różnymi projektami. Diagramy mogą być wzbogacane za pośrednictwem OLE 2.0. (i kolejne wersje OLE) o popularne aplikacje biurowe. Przeglądanie całego repozytorium ułatwia Nawigator Repozytorium, który wyświetla całą jego strukturę. Narzędzie to ułatwia kopiowanie i dzielenie obiektów, zmiany związków i własności repozytorium, oraz udostępnia szereg raportów przedstawiających strukturę i zawartość repozytorium. Dzięki temu rośnie wydajność pracy projektantów i całych zespołów projektowych. Przejrzyste i łatwe w użyciu narzędzia modelowania połączone z szerokimi możliwościami nawigacji i wspólnym repozytorium dają solidną podstawę do projektowania i implementacji aplikacji.

Designer/2000 umożliwia modelowanie, wizualizację i optymalizację procesów. Rozpoznanie wewnętrznych zależności i czasów wykonania procesów ułatwia ich przyspieszenie, redukcję kosztów i podnoszenie jakości produktów. Narzędzie to umożliwia rejestrację istniejących i proponowanych jednostek organizacyjnych i przedstawia hierarchię organizacyjną w postaci poziomych pasów. Kroki procesów i ich połączenia są wyświetlane w postaci ikon; dodatkowo można zarejestrować ich cechy kosztowe i czasowe. Połączenie z popularnymi arkuszami kalkulacyjnymi umożliwia zbieranie dodatkowych danych. Przyspieszona animacja modelu procesów ułatwia przedstawienie wykrytych niedociągnięć organizacyjnych i promocję proponowanych zmian.

Designer/2000 ułatwia implementację rozproszonych systemów klient/serwer. Użytkownicy mogą bezpośrednio rejestrować projekty lub tworzyć je półautomatycznie na podstawie modeli analitycznych. Błyskawicznie powstają bezbłędne struktury danych, formularze oraz raporty. Na diagramie danych kreśli się model fizycznej implementacji bazy danych, czyli zbiór tablic i kluczy. Właściwie bez problemu można kreować i zmieniać tablice, klucze obce, zasady walidacji danych oraz definiować wyzwalacze bazodanowe i ich warunki. Funkcje aplikacji są rejestrowane w postaci deklaratywnej przed wygenerowaniem aplikacji, której kod można dowolnie rozłożyć między stacje robocze a serwer bazy danych.

Designer/2000 znacznie ułatwia dzielenie kodu między stacje robocze a serwer. Diagramy struktury modułów ułatwiają zdefiniowanie architektury aplikacji i składowych modułów oraz powiązań między nimi. Nawigator logiki modułów umożliwia graficzne tworzenie specyfikacji i kodu modułów pisanych w języku PL/SQL (język zapytań). Dzięki temu nawet projektanci, którzy nie znają ani języka

specyfikacji, ani języka PL/SQL mogą szybko tworzyć procedury. Połączenia między modułami i dane, na których te moduły działają, definiuje się przy użyciu diagramera danych modułu. W okienku własności definiuje się typ dostępu do danych: zapis, odczyt, modyfikacja. Wygląd całej aplikacji ustalają zdefiniowane zestawy preferencji, co nie tylko zmniejsza wysiłek związany z projektowaniem ekranów, ale także gwarantuje standard zachowania i wyglądu produkowanych aplikacji. Łatwy w obsłudze Nawigator Preferencji umożliwia modyfikację, kopiowanie i dziedziczenie preferencji indywidualnych modułów zgodnie z przyjętymi standardami. Wszystkie te zalety sprawiają, że Designer/2000 umożliwia szybkie projektowanie i implementację systemów środowiska klient/serwer dostosowanych do zmieniających się wymagań.

Designer/2000 automatycznie buduje aplikacje w narzędziach zestawu Developer/2000. Aplikacje są generowane w oparciu o definicje tablic, modułów i preferencji (przechowywanych w repozytorium Designer/2000). W projekcie, oprócz sposobu użycia danych, można także definiować złożone operacje grupowania i agregowania danych. W skład wygenerowanych aplikacji mogą wchodzić wielostronicowe ekrany z kompletną obsługą bazy danych oraz złożone raporty, wszystko to uruchamiane z menu lub przy pomocy przycisków (wyzwalaczy) i list. Szablony przechowywane w repozytorium decydują o rozmieszczeniu na ekranach elementów graficznych, na przykład obrazów, okienek dialogowych, opuszczanych list, grup radiowych, przycisków, ikon itp. Designer/2000 generuje aplikacje, które nie tylko są przenaszalne na liczne platformy, ale także korzystają z możliwości specyficznych dla danej platformy (na przykład OLE 2.0 i Visual Basic 3.0). Ułatwia to integrację ze stosowanym przez użytkownika środowiskiem. Strojanie wygenerowanych aplikacji można przeprowadzać po generacji narzędziami z zestawu Developer/2000. Proces regeneracji zapewnia, że takie zmiany będą ujęte w repozytorium. Designer/2000 może także ułatwić utrzymanie aplikacji wyprodukowanych wcześniej przy pomocy Oracle Forms i Oracle Reports. Informacje o gotowej aplikacji mogą być wczytane do repozytorium, przy pomocy wbudowanych narzędzi do inżynierii wstecznej. Designer/2000 podnosi wydajność pracy i ułatwia wprowadzanie standardów. Generatory umożliwiają szybkie przygotowanie aplikacji klient/serwer.

Designer/2000 nie tylko generuje aplikacje na stacje robocze, ale także elementy składowe oprogramowania serwera. Na podstawie projektu tablic generator tworzy skrypty definicji danych zgodne z normą ANSI SQL, które zawierają definicje tablic i ich kolumn oraz deklaracje kluczy głównych, kluczy obcych i węzłów. Dodatkowo dla bazy Oracle7, generator przygotowuje skrypty sterujące replikacją, definicje ról

bazodanowych, parametry bazy danych oraz kod zawarty w wyzwalaczach, procedurach i funkcjach składowanych w bazie. Designer/2000 ułatwia także przygotowanie aplikacji rozproszonych umożliwiając rozmieszczanie składowych aplikacji na różnych serwerach i węzłach. Definicje są tworzone w postaci odpowiedniej dla rozproszonej bazy danych, a w ich skład wchodzi także niezbędne definicje połączeń sieciowych. Proces inżynierii wstecznej pozwala projektantom stosować narzędzia graficzne do ulepszania i utrzymania rozproszonych aplikacji. Designer/2000 w pełni obsługuje tworzenie i inżynierię wsteczną baz zgodnych z ANSI SQL oraz jest narzędziem do projektowania i budowy rozproszonych baz danych.

Designer/2000 ma możliwości obsługi i zarządzania repozytorium, dostępne ze wszystkich narzędzi do kreślenia diagramów i modelowania. W szczególności umożliwia definiowanie i dzielenie aplikacji między wiele projektów i nadawanie użytkownikom praw dostępu do ich fragmentów. Ułatwia dzielenie definicji między aplikacjami oraz umożliwia zarządzanie i kontrolę wersji wielu aplikacji w różnych fazach produkcji. Tam, gdzie stosowanych jest wiele repozytoriów Designer/2000, można skorzystać z możliwości eksportu, importu i łączenia danych. Wszystkie programy środowiska Designer/2000 korzystają z informacji administracyjnych, co zapewnia przyjazne przygotowanie aplikacji nawet w złożonych, rozproszonych środowiskach

Wymagania na projektowany SI (komputerową grę symulacyjną), szybkie zmiany technologiczne i rynkowe powodują, że wymagania stawiane przed narzędziami do budowy aplikacji rosną. Designer/2000 w pełni odpowiada tym wymaganiom, umożliwiając modelowanie organizacji, projektowanie i tworzenie skalowalnych aplikacji klient/serwer.

Developer/2000

Narzędzie to umożliwia szybkie wytwarzanie złożonych aplikacji dla małych i wielkich zespołów. Developer /2000 dostarcza działowi informatyki narzędzia pozwalające na tworzenie formatek, raportów i diagramów, które można rozpowszechniać za pomocą tradycyjnych metod lub za pomocą sieci Web. Duża liczba pomocników (Wizard) i wielokrotne używanie obiektów, pozwala w łatwy sposób tworzyć wyszukane aplikacje o dużych możliwościach przetwarzania danych.

Zestaw narzędzi Developer/2000 umożliwia tworzenie aplikacji bazodanowych bez programowania, w sposób deklaratywny. Zaledwie kilka kliknięć klawiszem myszki wystarcza do stworzenia bezbłędnej aplikacji klient/serwer, która optymalnie

współpracuje z bazą danych. Dzięki stosowaniu technik obiektowych i wbudowanej obsłudze bazy danych, Developer/2000 jest najlepszym narzędziem, jeśli chodzi o wygodę obsługi i szybkość tworzenia okienkowych aplikacji klient/serwer. Produkcję aplikacji przyspiesza czytelny interfejs użytkownika, łatwy do opanowania i wygodny w użyciu, który składa się z nawigatorów, okienek dialogowych i ekranów własności Developer/2000 zawiera ponadto przykłady złożonych formularzy, raportów i wykresów.

Aplikacje wykonane przy użyciu narzędzi Developer/2000 można bez trudu przenosić na większe platformy. Aplikacje doskonale współpracują z serwerem bazy danych, wykorzystują wielowierszowe przesłania danych, kursory, zmienne wiązane, punkty zatwierdzania i generatory liczb sekwencyjnych. Podział procedur między stację roboczą a serwer wykonuje się przez zwykłe przeciąganie myszą. W sumie, nabywcom zestawu Developer/2000 umożliwia to produkcję dowolnych aplikacji: dla 5 lub 5000 użytkowników, dla megabajtów lub gigabajtów danych, do wspierania decyzji lub do przetwarzania transakcji. Ten sam język programowania - PL/SQL - używany po stronie serwera i stacji roboczych, pozwala w pełni wykorzystać moc obliczeniową środowiska klient/serwer. Jedna operacja myszką umożliwia przeniesienie procedur z serwera na stacje robocze lub odwrotnie, a przez to dziesięciokrotne zwiększenie wydajności aplikacji.

Wszystkie produkty Oracle są przenośne i Developer/2000 nie stanowi tu wyjątku. Aplikacje przygotowywane w środowiskach Microsoft Windows, Apple Macintosh i Motif mogą być bez kłopotów przenoszone między nimi oraz na terminale alfanumeryczne. Użytkownik zyskuje w ten sposób pewność, że jego aplikacje będą działać na jego obecnym i przyszłych systemach komputerowych. Łatwo jest też tłumaczyć aplikacje wykonane przy użyciu Developer/2000 na inne języki. Przygotowanie aplikacji do sprzedaży na całym świecie nie wymaga kodowania, a jedynie przetłumaczenia automatycznie wydzielonych z aplikacji tekstów.

Kod całej aplikacji - zarówno składowany w bazie danych jak i umieszczony na stacji roboczej - może być przeglądany i poprawiany w tym samym okienku środowiska Developer/2000. Aby przenieść część kodu aplikacji do serwera bazy danych, wystarczy przeciągnąć myszką jego wybrany fragment, który automatycznie stanie się składowaną procedurą lub wyzwalaczem. Wbudowany interpreter i program śledzący wykonanie fragmentów języka PL/SQL ułatwia wstępną lokalizację, wykrywanie i korektę błędów w aplikacji. W trakcie śledzenia programu, jego kod jest pokazywany na ekranie, zaś aktualne położenie podświetlane. Podwójne kliknięcie myszką na

wierszu programu powoduje ustawienie w nim pułapki warunkowej lub jej usunięcie. Po zatrzymaniu, można oglądać zawartość stosu wywołań, zmieniać wartości zmiennych, a nawet wykonać wybrane instrukcje PL/SQL. Połączenie tych wszystkich możliwości w jednym środowisku ułatwia tworzenie oraz wielokrotne kompilowanie, uruchamianie i śledzenie procedur, co zastępuje tradycyjny, powolny cykl tworzenia, kompilacji, konsolidacji i wyszukiwania błędów.

Developer/2000 umożliwia tworzenie aplikacji, które nie tylko są przenośne, ale po przeniesieniu uzyskują wygląd i cechy charakterystyczne dla danego środowiska: Windows, Macintosh, Motif czy znakowego. Aplikacje mogą zawierać paski narzędziowe, listy rozwijane, grupy radiowe, przyciski i inne elementy oraz obrazy i wykresy, co zwiększa wygodę ich obsługi. Ponadto w środowisku Windows aplikacje mogą korzystać z możliwości OLE 2.0, OLE Automation, DDE oraz sterowników VBX (Visual Basic). Developer/2000 zawiera narzędzia do przygotowywania i przedstawiania danych w postaci diagramów, wykresów, obrazów, oraz może odtwarzać informacje multimedialne takie jak wideo i dźwięk w różnych standardowych formatach.

Projektanci mogą używać rodziny narzędzi Designer/2000 do generowania kompletnych aplikacji środowiska Developer/2000 na podstawie definicji wprowadzanych do repozytorium. Designer/2000 umożliwia tworzenie złożonych, udokumentowanych, znormalizowanych i bezbłędnych aplikacji wyjątkowo szybko. Zmiana wymagań znajduje swoje odbicie w aplikacji po naciśnięciu guzika. Właściciele istniejących aplikacji mogą korzystać z wbudowanych w Designer/2000 możliwości inżynierii wstecznej i regeneracji.

Otwarta i elastyczna architektura Developer/2000 ułatwia tworzenie aplikacji. Wygenerowane na podstawie modeli przechowywanych w repozytorium Designer/2000 formularze i raporty mogą być przerabiane dokładnie tak samo, jak wszystkie inne przygotowywane przy użyciu zestawu Developer/2000 aplikacje. Aplikacje tworzone wyłącznie narzędziami Developer/2000 mogą być poddane procesowi inżynierii odwrotnej i wciągnięte do repozytorium Designer/2000. Dodatkowo można korzystać z licznych produktów udostępnianych przez uczestników programu Open Developer/2000, między innymi z programów do testowania, zarządzania konfiguracją, narzędzi CASE czy monitorów transakcyjnych.

Aplikacje wytworzone narzędziami Developer/2000 mogą dzielić wspólne fragmenty kodu i elementy interfejsu użytkownika. Ułatwia to definiowanie i wymuszanie wspólnych dla całego zespołu standardów oraz współdzielenie kodu

aplikacji. Wiele aplikacji i wielu projektantów może używać procedur PL/SQL przechowywanych w centralnych bibliotekach. Interfejs do licznych pakietów kontroli źródeł i wersji umożliwia stosowanie różnych metod zarządzania konfiguracją, w tym operacji check-in, check-out, numerowania wersji i śledzenia różnic. Możliwe jest także centralne przechowywanie aplikacji w bazie danych.

Developer/2000 współpracuje nie tylko z bazą danych Oracle7, ale także umożliwia korzystanie z wszystkich danych przechowywanych w przedsiębiorstwie, niezależnie od ich formatu i umiejscowienia. Technologia Open Client Adapter, Oracle Open Gateway i interfejsów programistycznych API pozwala na korzystanie z dowolnie wybranych źródeł danych, w tym baz DB/2, SQL Server, DB2/400, Access i Rdb

Cechy Oracle Forms

Podstawą interfejsu użytkownika narzędzi Developer/2000 jest nawigator, strukturalna lista obiektów ułatwiająca wyszukiwanie, przeglądanie i modyfikację wszystkich obiektów aplikacji. Operacje szybkiego wyszukiwania, wyszukiwania globalnego i zamiany pomagają w szukaniu obiektów i ułatwiają utrzymanie aplikacji nawet wtedy, kiedy wymagania ciągle się zmieniają. Wielokrotne wykorzystanie obiektów i klas obiektów w jednej lub wielu aplikacjach, po stronie stacji roboczej lub bazy danych projektant realizuje przez przeciąganie obiektów myszą.

Tworzenie aplikacji bazodanowych przyspiesza stosowany w narzędziach Developer/2000 sposób programowania deklaratywnego. Zaledwie kilka kliknięć myszką wystarcza, by stworzyć aplikację, która nie tylko współpracuje z bazą danych zgodnie z jej definicją zapamiętaną na serwerze, lecz także umożliwia warunkowe przeszukiwanie, wymusza po stronie aplikacji więzy integralnościowe, zawiera menu i pasek narzędziowy, a ponadto poprawnie obsługuje wszystkie błędy i ostrzeżenia. Łączenie bloków w układzie nadrzędny - podrzędny czy nadrzędny – podrzędny - podrzędny jest bardzo proste. Tak stworzone aplikacje nie wymagają utrzymywania.

Developer/2000 korzysta z najważniejszych osiągnięć technologii obiektowej, lecz nie wymaga długiej nauki. W celu zwiększenia współdzielenia kodu i obiektów, pozwala definiować klasy obiektów na podstawie obiektów istniejących poprzez dziedziczenie własności i metod oraz tworzenie grup obiektów. Jednocześnie Developer/2000 nie zmusza projektantów do długiej nauki i opanowania niejasnych idei czy skomplikowanych konstrukcji językowych, kojarzonych zwykle z programowaniem obiektowym - wszystkie wymienione operacje wykonuje się przez klikanie i przeciąganie myszką.

Narzędzia zestawu Developer/2000 i tworzone w nich aplikacje są całkowicie przenaszalne. Mimo to, zawiera on także narzędzia charakterystyczne dla danego środowiska. Przykładowo, w środowisku Windows można do przygotowywanych aplikacji włączać sterowniki Visual Basic (VBX) albo, bezpośrednio z kodu PL/SQL, wywoływać standardowe funkcje z bibliotek DLL. Dodatkowo, w celu włączenia do aplikacji dokumentów, arkuszy kalkulacyjnych, obiektów multimedialnych, rysunków i innych obiektów, można stosować kontenery OLE 2.0. Możliwe jest także przekazywanie i odbieranie danych z serwerów DDE.

Przygotowywanie złożonych raportów narzędziami Developer/2000 jest proste i szybkie. Do uruchomienia raportu wystarczy zdefiniować na diagramie zapytania i ich powiązania i wybrać właściwy styl z galerii stylów. Galeria udostępnia style: tabularyczny, formularzowy, listowy, nadrzędny /podrzędny, wielokolumnowy do etykiet adresowych oraz macierzowy. Jeden raport może łączyć wiele stylów raportów.

Tak utworzone raporty można bez kłopotu ulepszać. Położenie drukowanych obiektów nie podlega żadnym ograniczeniom - projektant może je dowolnie rozmieszczać. Może też stosować język PL/SQL do wyliczania podsumowań, ograniczania wydruku, sterowania warunkowego i dynamicznego formatowania. Wygląd raportu łatwo jest poprawić przy użyciu graficznego edytora wyglądu, który równie dokładnie, jak wbudowana przeglądarka raportów pokazuje to, co będzie wydrukowane. Opuszczane listy odpowiedzi ułatwią użytkownikom wprowadzanie parametrów raportów.

Raporty Developer/2000 mogą kierować do bazy danych dowolne zapytania, w tym o dane tekstowe i obrazowe. Możliwości grupowania i podsumowania danych spełniają najbardziej złożone wymagania. W trakcie wykonywania raportu, dynamicznie mogą być zmieniane atrybuty graficzne wyprowadzanych danych i tekstu. Aby zachować zasoby systemu do ważniejszych zadań, użytkownicy mogą uruchamiać swoje raporty w tle z zadaniem priorytetem.

Dla aplikacji zawierających arkusze kalkulacyjne, rysunki, i elementy multimedialne, raporty zachowują się jak kontenery OLE 2.0, i to zarówno w czasie projektowania jak i po uruchomieniu. Menu przeglądarki raportów zawiera standardowe opcje Windows, to znaczy: Help, Search i Replace oraz suwaki, co ułatwia pracę użytkownikom.

Raporty można uruchamiać interaktywnie lub wsadowo. W tym drugim przypadku, w pamięci komputera pozostaje serwer raportowy, który może przyjmować kolejne żądania wykonania raportów zgłaszane przez różne aplikacje. Znacznie

przyspiesza to ich pracę, gdyż oszczędza czas ładowania i nawiązywania komunikacji z bazą danych. Na każdej platformie, dzięki możliwości wykonywania, przeglądania, drukowania i przesyłania pocztą elektroniczną raportów tekstowych lub graficznych Developer/2000 staje się jedynym narzędziem, które zaspokaja wszystkie wymagania przedsiębiorstwa.

Własności Oracle Graphics

Wśród innych narzędzi klient/serwer, Developer/2000 wyróżnia się między innymi możliwościami tworzenia wykresów. Narzędzie prowadzi projektanta krok po kroku w procesie tworzenia wykresu. Graficzny edytor umożliwia zmianę wyglądu i własności wykresu takich jak osie, linia odniesienia, etykiety, oraz dodawanie obrazów i tekstu. Wzorce wykresów mogą być traktowane jak klasy własności i stosowane do wszystkich wykresów. Dostępne jest ponad 50 stylów wykresów, w tym wykresy paskowe, kolumnowe, liniowe, rozproszone, a także wykresy Gantta oraz skomplikowane wykresy krzyżowe.

Dane mogą być aktywnie przedstawiane przy pomocy SmartCharts, które są interaktywnymi wykresami oferującymi możliwość pogłębiania i uszczegóławiania wyświetlanych informacji. Wykresy automatycznie rozpoznają i podkreślają najważniejsze dane oraz, na żądanie użytkownika, wyświetlają bardziej szczegółowe dane. Nietrudno uzyskać niezwykle użyteczne i estetyczne aplikacje, wbudowując SmartCharts w aplikacje tworzone przy pomocy Developer/2000 czy innych kontenerów OLE 2.0, takich jak Visual Basic czy Excel. Integrację ułatwia dwukierunkowa wymiana danych między wykresami, a aplikacjami. SmartCharts mogą służyć w aplikacji jako interaktywne elementy sterowania. Na przykład użytkownicy mogą klikać myszką na różne elementy włączonego wykresu, aby w aplikacji napisanej przy użyciu narzędzi Developer/2000 obejrzeć szczegółowe dane w różnych ujęciach. Wygląd, zachowanie i cechy wykresów SmartCharts mogą być dynamicznie zmieniane przez użytkownika przy pomocy opuszczanych list, przycisków i innych elementów typowych dla środowiska graficznego.

Zasady uszczegóławiania danych mogą być deklaratywnie opisane jako związki między wykresami. Użytkownik gotowej aplikacji może dowolnie zagłębiać się w te związki. Przykładowo, jeżeli kliknie myszką w wycinek wykresu kołowego przedstawiającego działy przedsiębiorstwa, to na sąsiadującym wykresie kolumnowym zobaczy informacje o pracownikach wskazanego działu.

Program może dynamicznie zmieniać atrybuty wyświetlanych elementów w odpowiedzi na wskazane zdarzenia. Przykładowo, wycinki wykresu kołowego czy paski w wykresie paskowym mogą zmieniać wygląd w zależności od przedstawianej wartości lub innych kryteriów.

Współpraca z bazami danych.

Developer/2000 zawiera adapter, który stanowi połączenie między interfejsem programistycznym Oracle (API) a ODBC SQL API. Adapter ten w sposób niewidoczny umożliwia aplikacjom pisany w Developer/2000 współpracę z bazami zgodnymi z ODBC, na przykład Microsoft SQL Server, Microsoft Access, Rdb, DB2/400 i innymi. Aplikacje przygotowane dla jednej bazy mogą być uruchomione z każdą inną.

Język SQL stosowany w Developer/2000 jest w pełni zgodny ze standardem ANSI, aczkolwiek może być ograniczony przez stosowaną bazę danych czy używaną nakładkę ODBC. Przetwarzanie transakcji może przebiegać z wykorzystaniem opóźnionego (ręcznego) lub automatycznego zatwierdzania i wycofywania. Jako proceduralne rozszerzenie stosowanego SQL, może posłużyć język PL/SQL. Budowa wielojęzycznych aplikacji nie sprawia kłopotu, dane przechowywane w różnych bazach przy użyciu różnych zestawów znaków mogą być przedstawiane we wspólnym, znanym użytkownikowi formacie.

Współpraca aplikacji napisanych w Developer/2000 z różnymi bazami danych wymaga tylko niewielkich lub wcale nie wymaga zmian w konfiguracji systemu. Na przykład, połączenie do wszystkich baz zgodnych z ODBC uzyskuje się podobnie jak połączenie do bazy Oracle, wprowadzając zamiast nazwy bazy Oracle nazwę w postaci @odbc:nazwa_bazy.

W czasie gdy przemysł komputerowy wkracza w okres masowego zastosowania okienkowych aplikacji klient/serwer okazuje się, że dobre narzędzia do rozwoju aplikacji klient/serwer w środowisku graficznym potrzebują czegoś więcej niż tylko dobrego wyglądu. Dlatego środowiska narzędziowe muszą wspierać wysiłek wielkich zespołów projektowych, umożliwiać takie skalowanie aplikacji, aby objęły one cały, niejednorodny system przedsiębiorstwa. Dodatkowo, powinny one ułatwiać zaspokojenie ciągle zmieniających się wymagań. Developer/2000 spełnia wszystkie te wymagania i jest pierwszym zestawem narzędzi drugiej generacji do produkcji aplikacji klient/serwer.