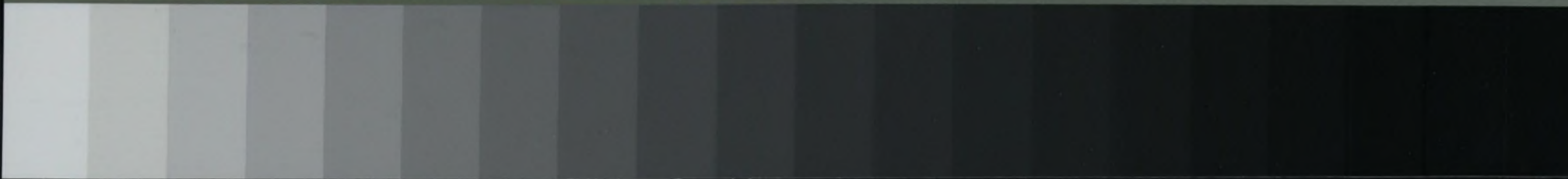


Grey Scale #13



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



# AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ

Ppłk dr inż. Jerzy KOZIOŁ

## ZASTOSOWANIE BADAŃ OPERACYJNYCH W PROCESIE DECYZYJNYM ORGANÓW DOWODZENIA SIŁAMI POWIETRZNYMI

(II.3.2.1.0)



59229

WARSZAWA

2005



# AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

---

WYDZIAŁ LOTNICTWA I OBRONY POWIETRZNEJ



ppłk dr inż. Jerzy KOZIOŁ

## ZASTOSOWANIE BADAŃ OPERACYJNYCH W PROCESIE DECYZYJNYM ORGANÓW DOWODZENIA SIŁAMI POWIETRZNYMI

(II.3.2.1.0)

Recenzent opracowania naukowego:  
Pan prof. dr hab. inż.. Stefan ANTCZAK

<b>WSTĘP</b> .....	3
<b>WPROWADZENIE</b> .....	9
<b>1. KLASYFIKACJA DECYZJI</b> .....	15
1.1 Normalna sytuacja decyzyjna.....	21
1.2 Kryzysowa sytuacja decyzyjna.....	26
1.3 Ryzyko decyzji.....	29
<b>2. DOWODZENIE W SIŁACH POWIETRZNYCH</b> .....	46
2.1 Procesy regulacyjne w siłach powietrznych.....	46
2.2 Strategie dowodzenia siłami powietrznymi.....	58
<b>3. METODY ZARZĄDZANIA STRATEGICZNEGO SIŁAMI POWIETRZNYMI</b> ... 64	
3.1 Rodzaje i metody planowania w siłach powietrznych.....	71
3.2 Metoda scenariuszowa.....	79
<b>4. BADANIA OPERACYJNE W PROCESIE DECYZYJNYM SIŁ POWIETRZNYCH</b> .....	91
4.1 Zastosowanie modeli liniowych dla potrzeb decydowania w siłach powietrznych....	91
4.1.1 Model ogólny zagadnienia programowania liniowego.....	94
4.1.2 Model standardowy zagadnienia programowania liniowego.....	94
4.1.3 Interpretacja geometryczna liniowych modeli optymalizacji.....	96
4.1.4 Idea metody simpleks:.....	103
4.1.5 Wyprowadzenie zrewidowanej metody simpleks.....	109
4.1.6 Programowanie liniowe całkowicie liczbowe algorytm podziału i ograniczeń.....	111
4.2 Zagadnienia transportowe.....	114
4.2.1 Zamknięte zagadnienie transportowe.....	114
4.2.2 Otwarte zagadnienie transportowe.....	115
4.2.3 Sieciowe problemy optymalizacyjne.....	118
4.3 Wybór efektywnego wariantu działania lotnictwa.....	121
4.4 Wybór ugrupowania bojowego wojsk obrony powietrznej.....	127
<b>ZAKOŃCZENIE</b> .....	135
<b>SPIS LITERATURY</b> .....	137

## WSTĘP

Analizując otaczającą nas rzeczywistość zauważamy ogromne tempo przemian: społecznych, politycznych, militarnych, gospodarczych a przede wszystkim technologicznych. Zmiany te są konsekwencją rozwoju mikroelektroniki a na jej gruncie, techniki łączności – techniki przesyłania informacji. Konsekwencją takich zmian jest stałe nadążanie struktur organizacyjnych za wymogami współczesności. Zmieniają się systemy wartości, zmienia się kultura organizacyjna, niejako pierwszym elementem, a zarazem przyczyną lawinowego rozwoju cywilizacji jest pojawienie się komputerów i technologii telekomunikacyjnych oraz zmian przez nie powodowanych. Za A. Tofflerem<sup>1</sup> możemy użyć terminu „wiek informacji” jako synonimu zmian powodowanych przez rozwój i stosowanie technologii informatycznej<sup>2</sup>.

Do zmian tych muszą również przystosować się polskie siły powietrzne. Powinny one otworzyć się na te zmiany, albowiem otwartość na zmiany jest warunkiem istnienia i rozwoju. Wszystko, co jest otwarte i aktywnie reaguje na zmiany ma szansę przetrwania i rozwoju, jeśli zaś zamyka się w niezmienionej strukturze - kostnieje, zamiera i upada. Otwarte na zmiany powinno być przede wszystkim menedżerskie myślenie dowódców i organizatorów współczesnych polskich sił powietrznych.

Wiek informacji stwarza nowy kontekst dla praktyki dowodzenia. Telefony satelitarne, sieci komputerowe, a przede wszystkim komputery o niewyobrażalnych możliwościach przetwarzania danych przyczyniają się do wzrostu tempa wymiany informacji. Społeczeństwa stają się lepiej poinformowane, tworzą nowy kosmopolityczny model człowieka. Przepływ informacji nie jest - jak dawniej - ograniczony przez monopole władzy, które wcześniej decydowały, jakiego typu informacja i w jaki sposób miała być opublikowana. Obecnie ludzie, prawie wszędzie, są zdolni do pozyskiwania wiedzy i informacji napływającej z różnych miejsc świata, informacji kształtujących upodobania, mentalność i systemy wartości. Ten ogólny trend nie ominął organizacji wojskowych. Wiele się pisze w tym środowisku na temat informacji i jej wykorzystania. Stąd istnieje potrzeba poruszenia praktycznych

---

<sup>1</sup> Toffler A., Trzecia fala, PIW, Warszawa 1997.

<sup>2</sup> System informatyczny: system informacyjny, w którym zautomatyzowano przeważającą część czynności przetwarzania informacji w wyniku zastosowania środków technicznych informatyki, zwłaszcza komputerów.

problemów teorii informacji na gruncie systemów społeczno - technicznych<sup>3</sup> bo do tej kategorii możemy zaliczyć w zasadzie wszelkie organizacje wojskowe w tym siły powietrzne.

W historii rozwoju sił powietrznych przeszły one niezliczoną liczbę przemian wraz z otaczającym je otoczeniem, bliższym i dalszym. Zmiany te miały charakter albo podążający za zmianami potrzeb, lub też antycypujący te zmiany — zwłaszcza od momentu pojawienia się w teorii zarządzania (dowodzenia) koncepcji myślenia strategicznego. Problematyka zarządzania strategicznego od wielu już lat cieszy się dużym zainteresowaniem teoretyków i praktyków nauk wojskowych.

Koncepcje zarządzania strategicznego są związane ze sposobem postrzegania sił powietrznych jako modelu uogólniającego organizację i procesy zmian w uwarunkowaniach otoczenia. Podobnie metody i techniki doskonalenia sił powietrznych mają bezpośredni związek z modelowym uogólnieniem ich społecznej, politycznej i ekonomicznej istoty. Niezwykle dynamiczny i dość chaotyczny proces przejmowania wzorców, od państw sojuszników z NATO, wymaga refleksji nad modelami sił powietrznych, nad teoretycznymi uogólnieniami doświadczeń, po to, aby zająć bardziej świadome i racjonalne stanowisko wobec sił powietrznych w okresie przeobrażeń systemowych.

Tym też można tłumaczyć zjawisko szybkiego rozwoju metod dowodzenia. Zdecydowanie szybciej rozwijają się one na gruncie zachodnim. Wynika to m.in. stąd, że ich opracowywaniem zajmują się zespoły badawcze zarówno w ośrodkach akademickich, jak i w dużych firmach doradztwa organizacyjnego. Ewolucja dowodzenia, a także warunków funkcjonowania sił powietrznych, jakie dokonały się w okresie ostatnich kilkunastu lat dzięki zdobyczom nowoczesnej techniki i technologii informatycznej stają się kluczowym czynnikiem przewagi strategicznej.

Wiele metod dowodzenia, opracowywanych i wykorzystywanych w praktyce, pełni rolę czynnika konkurencyjności, w wyniku, czego nie mogą one być przedmiotem upowszechniania. Niekiedy okazuje się, że oryginalne rozwiązania wprowadzane do praktyki wyprzedzają literaturę.

---

<sup>3</sup> Kolektywny zbiór elementów materialno – technicznych i społecznych powołany do realizacji określonych celów. Do kategorii takich systemów możemy zaliczyć również system sił powietrznych (za Krzyżanowski L., Podstawy nauk o organizacji i zarządzaniu, PWN, Warszawa 1997).

Praca niniejsza jest trzecią częścią monografii na temat zastosowania badań operacyjnych w procesie decyzyjnym organów dowodzenia siłami powietrznymi. Problemy, z jakimi mają obecnie do czynienia dowódcy funkcjonujący w ramach sił powietrznych są złożone i dynamiczne a zdobywane doświadczenie niewystarczające do wyciągania wniosków i podejmowania decyzji wyłącznie na podstawie intuicji. Przydatnym się staje na poszczególnych szczeblach dowodzenia - stosowanie metod matematycznych nawet w tak trudnym do opisanie obszarze działalności ludzkiej jak dowodzenie siłami powietrznymi. Ogromne możliwości sprzyjające temu stwarza rozwój techniki komputerowej, szczególnie powszechna dostępność komputerów osobistych - łatwość ich obsługi i duży potencjał obliczeniowy. Komputery stosowane są wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia ze zjawiskami, które dają się kwantyfikować: od prostych obliczeń rachunkowych do skomplikowanych problemów związanych z modelowaniem sytuacji decyzyjnych w ramach dowodzenia siłami powietrznymi.

Od kilku dziesięcioleci obserwujemy wkraczanie komputerów również do nauk humanistycznych, wojskowych i społecznych<sup>4</sup>, które dawniej wydawały się dalekie od możliwości stosowania w nich metod numerycznych. Dziś można śmiało stwierdzić, że w każdej dziedzinie nauki matematyka wzbogaca arsenał narzędzi badawczych, umożliwia weryfikację pewnych hipotez czy teorii, odsłania nowe horyzonty. Szczególna rola przypada tu badaniom operacyjnym. Dodajmy, że stosowanie metod matematycznych oraz komputerów do obliczeń numerycznych pozwala badaczowi, rozwiązującemu jakieś zadanie, poświęcić więcej czasu i wysiłku intelektualnego na formułowanie hipotez, wyciąganie wniosków analitycznych i syntezę wyników.

Jak już wspomniałem, modelowanie matematyczne jest dziedziną, której zadaniem jest opis rzeczywistości w pewnym specyficznym języku, a mianowicie w języku matematyki i logiki formalnej. Różni się, więc ta dziedzina od wielu innych - takich, które wyróżniają pewien obszar rzeczywistości i do tego zakresu ograniczają swoje zainteresowania. Modelowanie matematyczne nie

---

<sup>4</sup> Malewski M., Wieczorek A., Sosnowska H., Teoria gier W ekonomii i naukach społecznych, PWN, Warszawa 1997. Czujew J.W., Podstawy badań operacyjnych w technice wojskowej, MON Warszawa 1970

formułuje takich ograniczeń. Jest to dziedzina interdyscyplinarna, która dąży do możliwie szerokiej ekspansji.

Uniwersalizm języka, którym posługuje się matematyka, powoduje, że taki sam model może opisywać systemy różniące się w sposób zasadniczy między sobą, dotyczące zupełnie różnych dziedzin. Ten uniwersalizm języka jest jednak nie jedyną, i chyba nie najważniejszą zaletą modelowania matematycznego.

Celem pracy jest przedstawienie metodologii formułowania różnorodnych zadań i problemów występujących w ramach modelu decyzyjnego stosowanego w siłach powietrznych. Przeważająca część rozważań dotyczy podejmowania decyzji i tworzenia modeli odwzorowujących w obszarze abstrakcji rzeczywistość sił powietrznych, dzięki którym można będzie zwiększać efektywność działań sił powietrznych.

Chcąc osiągnąć założone cele w praktyce niezbędny jest udział specjalisty, znającego dogłębnie specyfikę działań sił powietrznych, istotę występujących tam zjawisk i metod, które by pozwoliły na wstępne sformułowanie modelu matematycznego, co umożliwi podjęcie współpracy z analitykiem systemów, matematykiem i informatykiem. Współpraca taka będzie na ogół niezbędna przy rozwiązywaniu konkretnego zadania modelowania matematycznego.

Współdziałanie, o którym tu mowa, nie jest sprawą prostą. Wymaga nie tylko określonej wiedzy i wysiłku intelektualnego, ale również umiejętności posługiwania się wspólnym językiem. Jest to typowa i często niedoceniana trudność występująca we wszystkich badaniach interdyscyplinarnych. Toteż większość rozważań poświęcono określeniu i wyjaśnieniu pojęć podstawowych, co powinno pomóc w opanowaniu wspólnego języka, niezbędnego przy współpracy specjalistów różnych dziedzin.

Te właśnie przesłanki spowodowały, że istniała pilna potrzeba podjęcia badań i uporządkowania podstawowych pojęć z zakresu języka badań operacyjnych na gruncie sił powietrznych. W badaniach tych chodziło o ujawnienie odpowiednich procedur, które znalazłyby zastosowania w siłach powietrznych. Badaniom przyświecał także cel użyteczny – opracowanie takiego dzieła, by jego wyniki mogły skłonić do refleksji intelektualnej i operacyjnej, oraz by sprzyjały decydującym sił powietrznych w podejmowaniu trafnych

rozstrzygnięć (decyzji). Równocześnie chodziło o to, by „otworzyć” problematykę badań operacyjnych w Wojskach Lotniczych i Obrony Powietrznej.

Założono, że zadanie badawcze obejmie trzy tematy, zaś badania będą prowadzone w trzech etapach. Niniejsza praca jest materiałem kończącym cykl badawczy.

Celem tego etapu badań, którego rezultaty zawiera niniejsze opracowanie, było przedstawienie kilku możliwych do zastosowania metod rozwiązywania problemów pojawiających się na gruncie dowodzenia siłami powietrznymi.

Myślą przewodnią badań były poszukiwania odpowiedzi na najistotniejsze pytania problemowe: Czym się charakteryzują decyzje podejmowane w ramach dowodzenia siłami powietrznymi? Na czym polega racjonalność podejmowania decyzji dowódczych w siłach powietrznych? Jakie występują rodzaje modeli matematycznych, które można zastosować do odwzorowania problemów występujących na gruncie dowodzenia siłami powietrznymi?

Tak sformułowane cele i problemy stanowiły zasadniczą podstawę do prowadzenia dociekań naukowych. Przedmiotem dociekań były materiały źródłowe wykazane w bibliografii. Szczególną uwagę zwrócono na analizy i oceny wielu materiałów poświęconych teorii podejmowania decyzji i badań operacyjnych. Autor jest, bowiem przeświadczony o możliwości wykorzystania metod badań operacyjnych do rozwiązywania problemów decyzyjnych sił powietrznych

Przeprowadzony cykl badań teoretycznych pozwolił na wysnucie użytecznych wniosków i uogólnień oraz zestawienie rezultatów dociekań w niniejszym studium operacyjnym.

Rozdział pierwszy odnosi się do identyfikacji pojęcia decyzja. Podjęto w tym rozdziale próbę klasyfikacji decyzji militarnych, nakreślono specyfikę decyzji tego typu poruszając problematykę ryzyka w dowodzeniu siłami powietrznymi.

W rozdziale drugim przedstawiono procesy regulacyjne zachodzące w siłach powietrznych postawiono również tezę, iż dowodzenie może być interpretowane jako proces podejmowania decyzji dowódczych wynikających z rozwiązywania problemów identyfikowanych w obszarze działalności sił

powietrznych. Problematyka ta stanowi bazę do zaprezentowania strategii dowodzenia siłami powietrznymi. Metody dowodzenia strategicznego są przedmiotem rozważań w ramach rozdziału trzeciego.

Rozdział czwarty obejmuje zbiór praktycznych zastosowań metod badań operacyjnych w procesie decyzyjnym sił powietrznych.

W konkluzji można powiedzieć, że niniejsze studium, zawiera najistotniejsze elementy dotyczące podstaw badań operacyjnych oraz wskazania, co do możliwości i sposobów ich wykorzystania w siłach powietrznych. Zapoczątkowują one – zdaniem Autora – badania poświęcone procedurom i metodom badań operacyjnych w siłach powietrznych i stanowią wystarczającą bazę teoretyczną do prowadzenia dalszych badań, być może już bardziej pragmatycznych, prowadzonych w celu kompleksowego wykorzystania wiedzy z tego zakresu do podejmowania decyzji dowódczych w ramach planowania rozwoju i określania koncepcji użycia Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej

## WPROWADZENIE

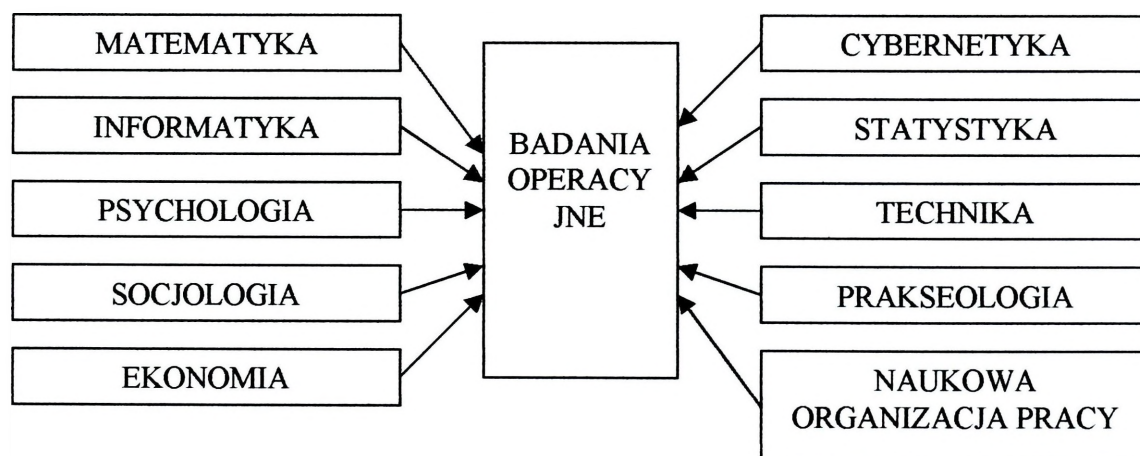
Większość decyzji, z którymi mają do czynienia decydenci sił powietrznych w codziennej służbie może być podjęta bez większych trudności, gdyż albo wybór najlepszego sposobu działania jest oczywisty bez głębszej analizy sytuacji, albo decyzja nie jest na tyle ważna, by poświęcać jej zbyt dużo uwagi. Podejmowane przez nich decyzje różnią się znacznie, co do ważności i dalekosiężnych efektów. Sprawia to, że od czasu do czasu zdarza się im znaleźć w sytuacji, kiedy warto jest poświęcić trochę wysiłku na systematyczne i poważne przemyślenie wszystkich możliwych sposobów działania, a nawet skłonni są zbierać dodatkowe informacje lub przeanalizować dane liczbowe, zakładając, że pomoże to w podjęciu decyzji lepszej od tej, którą mogliby podjąć metodą zwykłego zgadywania. Zebrawszy wszystkie dostępne informacje, z których część przemawia za pewną decyzją pozytywnie, część przeciwko niej, a część jest obojętna, należy dokonać pewnego wyboru. Co powinien zrobić decydent w takiej sytuacji, aby jego decyzja była trafna? Może rozważyć on interesujący problem rozwiązać posługując się kombinacją doświadczenia, intuicji oraz rozsądku, kierując się racjonalnością potoczną. Może też podejść do problemu w odmienny sposób polegający na tym, że systematycznie porządkuje rozmaite elementy składowe decyzji, a następnie posługując się pewnymi regułami, upewnić się w tym, co ma zrobić.

Terminem powszechnie używanym, dla oznaczania sformalizowanego podejścia do analizy problemu podejmowania decyzji w warunkach niepewności, jest statystyczna analiza decyzyjna. Dzięki postępowaniu według określonych reguł logicznych, możliwości popełnienia błędu lub działania w sposób niekonsekwentny zostają poważnie ograniczone; nie oznacza to jednak, że stosowanie analizy decyzyjnej może nam zagwarantować podejmowanie właściwych decyzji w każdym przypadku.

Analiza decyzyjna, zajmująca się budową procedur porównywania alternatywnych sposobów działania i kryteriów na podstawie, których mogłyby być podejmowane decyzje, stanowi sedno dziedziny naukowej, jaką są badania operacyjne. Można powiedzieć, że badania operacyjne są jedną ze

współczesnych prób realizacji prądowej idei „uniwersalnej metody rozwiązywania zadań” szczególnie wyraźnie sformułowanej przez Kartezjusza w jego pracy „Reguły kierowania umysłem”<sup>5</sup>. Dążył on do stworzenia ogólnego sposobu niezawodnego rozwiązywania dowolnego zadania. I chociaż cel Kartezjusza jest nieosiągalny, to jego niezaprzeczalną wartość stanowi to, że starając się zbliżyć do metody - ideału, stworzono wiele metod nie w pełni, co prawda, doskonałych, ale jednak bardzo pożytecznych. W badaniach operacyjnych możemy także dostrzec spełnienie dążenia Galileo Galilei, a mianowicie: „Mierzyć co jest wymierne i czynić wymiernym to, co jeszcze nie jest wymierne”<sup>6</sup>.

Badania operacyjne służą optymalizacji określonych procesów, obiektów i systemów, dostarczając metod analizy, modelowania i obliczeń. Metody postępowania i środki pomocnicze, z których korzystają one, zostały wzięte z praktyki oraz zapożyczone z najróżniejszych dyscyplin, przegląd, których przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Relacje badań operacyjnych z innymi dyscyplinami

Źródło: Opracowanie własne

Należy jeszcze raz podkreślić, że wymienione dziedziny są samodzielnymi dyscyplinami, a badania operacyjne przejęły od nich jedynie pewne poglądy, metody i sposoby postępowania. Każde zadanie w badaniach operacyjnych wymaga przeprowadzenia analizy rozwiązywanego problemu. W pewnych przypadkach analiza jest tak obszerna, że można mówić o analizie systemowej w rozumieniu cybernetyki. To, czy zachodzi konieczność przeprowadzenia tak

<sup>5</sup> Losee J., Wprowadzenie do filozofii, Prószyński i S-ka, Warszawa 2001

<sup>6</sup> Tamże.

głębokiej analizy, wynika każdorazowo z określenia celu lub sprecyzowania problemu. W czasie analizy następuje dalsze precyzowanie zadania. Pod koniec tej fazy, po określeniu wszystkich najistotniejszych warunków i zależności, można przedstawić szczegółowe zadania.

W warunkach skomplikowanych badań, proces formułowania zadania może przedłużyć się poza konstrukcję modelu decyzyjnego i poza wybór jednej z wielu metod matematycznych możliwych do zastosowania, aż do uzyskania pierwszych wyników. Zdarza się tak dlatego, że czasami dopiero po otrzymaniu wstępnych wyników można ocenić słuszność takiego, czy innego sformułowania zadania. Należy dążyć do sprecyzowania i matematycznego ujęcia zadania przez zdefiniowanie, wyznaczenie ograniczeń i gruntowne przeanalizowanie systemu. Może to być dokonane za pomocą analiz cząstkowych lub też pełnej analizy systemowej w rozumieniu analiz strukturalnych i funkcjonalnych. Przeprowadzenie gruntownego procesu przygotowawczego i analiz powinno zapobiec próbie mechanicznego przeszczepiania modeli matematycznych i metod badań operacyjnych na istniejący stan rzeczy w siłach powietrznych czy w innych dziedzinach.

Wszystkie decyzje opierają się na informacjach o faktycznych stanach przeszłych, teraźniejszych oraz oczekiwanych. Przystępując do analizy, należy dokonać wyboru, a także określić, do jakich informacji dostęp będzie konieczny w trakcie realizacji zadania. Następnym krokiem jest jednoznaczne szczegółowe sformułowanie kryterium optymalizacji i warunków ograniczających.

Tak przeprowadzona analiza prowadzi do rozpoznania i ustalenia:

- ważnych elementów i zależności wewnątrz rozpatrywanego systemu decyzyjnego oraz związków istniejących pomiędzy tym systemem a innymi,
- założeń działania systemu decyzyjnego, kryteriów i zakresu jego stabilności i możliwości regulacji,
- zachowania się w określonych warunkach, a zwłaszcza w czasie zakłóceń.

W ten sposób badany system decyzyjny zostaje ograniczany przez określenie i pogrupowanie jego elementów i sprzężeń. Dopiero mając taką podstawę, można przystąpić do procesu optymalizacji za pomocą modeli i metod, których dostarczają badania operacyjne. W czasie modelowania analizę prowadzi się dalej, w celu

opisania rozważanego systemu na niezbędnym poziomie abstrakcji.

Ogólnie ujmując, za model uważamy mniej lub bardziej przybliżony obraz rzeczywistości. Mogą występować modele materialne, przestrzenne, jednak z punktu widzenia badań operacyjnych najważniejszą klasą modeli są pewne konstrukcje abstrakcyjne występujące w postaci myślowych pojęć o procesach lub stanach materialnych uważa się, że model powinien być w ten sposób skonstruowany, by jego funkcjonowanie mogło objąć ogół zaobserwowanych faktów<sup>7</sup>.

Stosując badania operacyjne, dążymy przede wszystkim do konstrukcji modeli abstrakcyjnych w sformalizowanej, matematycznej postaci, których celem jest dążenie do optymalizacji funkcjonowania systemu. W tej pracy staram się zainteresować czytelnika systemami decyzyjnymi. Wprowadzenie modeli matematycznych do praktyki dowodzenia siłami powietrznymi zakłada uprzednią kwantyfikację opisywanych zjawisk i procesów. Stwarza to możliwość - przy równoczesnej ocenie jakościowej - wykorzystania modeli i metod badań operacyjnych, które łączą analizę ilościową i jakościową.

W badaniach operacyjnych, szczególnie z punktu widzenia ich stosowania w dowodzeniu siłami powietrznymi, modele stanowią istotną pomoc w podejmowaniu właściwych decyzji. Można w tym przypadku mówić o modelach specjalnego rodzaju - o modelach decyzyjnych. Model decyzyjny można zdefiniować jako ujęty matematycznie, celowo uproszczony, ale mimo to wierny, przeznaczony do znalezienia optymalnej decyzji, obraz występującego w rzeczywistości obiektu lub procesu, często ujęty w postaci funkcji celu i warunków ograniczających<sup>8</sup>.

Wysiłki czynione obecnie w różnych dziedzinach zmierzają do większej obiektywizacji procesów decyzyjnych. Proces decyzyjny jest poddawany porządkowaniu, analizie i racjonalizacji. Powoduje to, że przygotowywanie i wdrożenie decyzji, zwłaszcza militarnych, jest coraz bardziej obiektywne. Jednakże w pewnych warunkach rośnie udział składników subiektywnych w

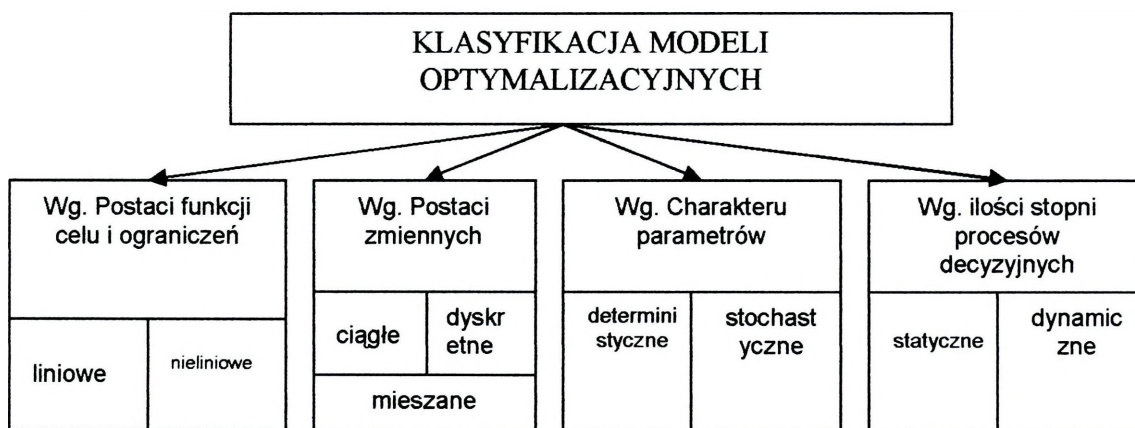
---

<sup>7</sup> Szerzej tę problematykę opisuję w pracy poświęconej modelowaniu matematycznemu i zastosowaniu programowania liniowego w praktyce dowodzenia siłami powietrznymi. J.Kozioł Zastosowanie programowania liniowego i teorii gier w praktyce dowodzenia siłami powietrznymi AON Warszawa 2004.

<sup>8</sup> Dokładniej z tymi problemami czytelnik może zapoznać się w rozdziale - Typologia problemów dowodzenia - J.Kozioł Informacyjne wsparcie decyzji militarnych AON Warszawa 2002.

procesie decyzyjnym zwłaszcza, gdy decyzje wybiegają coraz bardziej w przyszłość i wiążą się z coraz większym ryzykiem.

Badania operacyjne wspomagają nas w pokonywaniu trudności wynikających z występowania w podejmowanych zadaniach elementów niepewności. W tym właśnie znaczeniu można scharakteryzować badania operacyjne jako naukę o przygotowywaniu decyzji. Tak, więc, możemy stwierdzić, że badania operacyjne są czymś więcej niż uproszczonym zbiorem metod rozwiązywania zadań optymalizacyjnych, a mianowicie, że są niezależną dyscypliną, mającą specyficzne cele i metody, wprowadzającą do środowisk decyzyjnych modele i podejście naukowe. Istnieje wielka różnorodność modeli badań operacyjnych. Ograniczając się tylko do modeli optymalizacyjnych możemy je pogrupować według różnych kryteriów



Rysunek 2. Klasyfikacja modeli optymalizacyjnych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Krzakiewicz K. Podejmowanie decyzji kierowniczych AE Poznań 1993

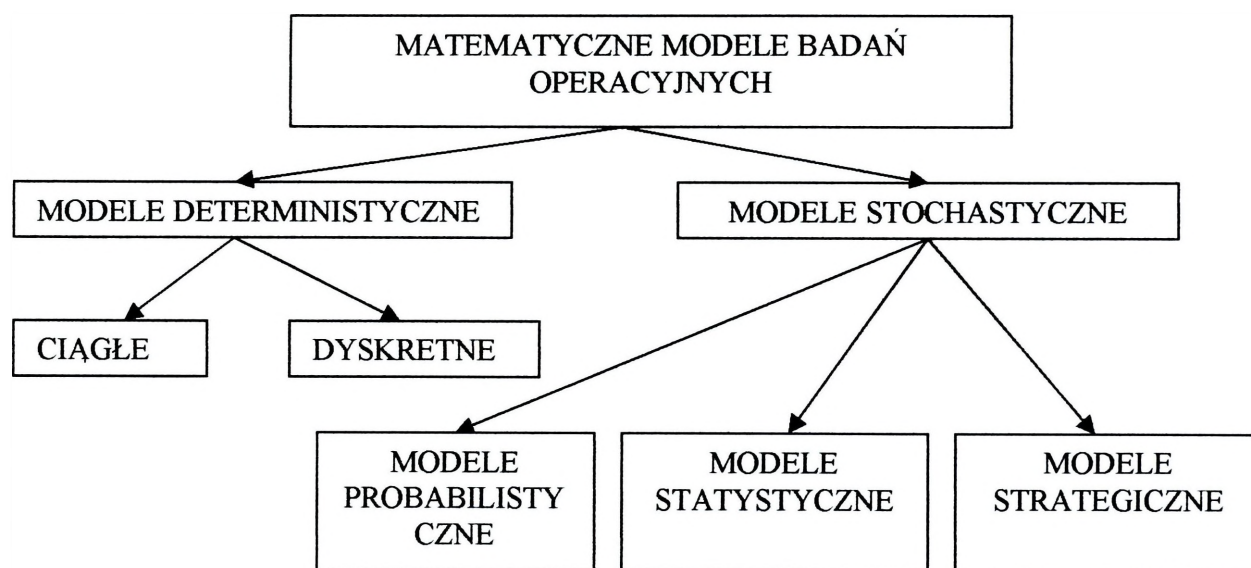
W ogólniejszym ujęciu można wyróżnić następujące grupy modeli:

- deterministyczne i stochastyczne,
- statyczne i dynamiczne,
- analityczne i symulacyjne.

Rozpatrując modele badań operacyjnych ze względu na charakter ich parametrów, możemy dokonać kolejnej klasyfikacji przedstawionej na rysunku 2.

Modele stochastyczne zawierają wielkości losowe. Na ogół dysponujemy mniej lub bardziej pewnymi informacjami o ich rozkładzie. Przy takich założeniach, nie można wyznaczyć jednoznacznych wyników, ponieważ otrzymany wynik - przy danym stanie wyjściowym - jest prawdziwy tylko z określonym prawdopodobieństwem. Jeżeli w jakimś procesie uda się opisać leżące u jego

podstaw prawidłowości stochastyczne za pomocą rozkładów teoretycznych, można wtedy mówić o modelach probabilistycznych. Zdarzają się przypadki, kiedy nie można otrzymać wystarczających informacji o rozkładzie teoretycznym na podstawie rozkładu empirycznego. Ma to miejsce wtedy, kiedy wartość parametru rozkładu występującej w modelu wielkości losowej jest nieznana, ponieważ empiryczny materiał liczbowy, którym dysponujemy, nie jest wystarczająco precyzyjny. W takiej sytuacji należy najpierw dążyć do uzyskania dodatkowych informacji, w czym pomocne są metody statystyki matematycznej. Z tego względu też modele te nazywamy modelami statystycznymi.



Rysunek 3. Matematyczne modele badań operacyjnych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kozubski J.J., Wprowadzenie do badań operacyjnych UG Gdańsk 2000

Cechą charakterystyczną modeli probabilistycznych i statystycznych jest to, że wynik obliczeń jest prawdziwy z pewnym prawdopodobieństwem. Zdarzają się również przypadki, kiedy o jednym lub kilku parametrach nie można zdobyć żadnych informacji lub też posiadane informacje są niekompletne. Występuje to na przykład wówczas, gdy określone czynniki w ustaleniach prognostycznych, mogące w istotny sposób wpłynąć na przyszły rozwój badanego zjawiska, nie dadzą się wystarczająco dokładnie oszacować w momencie podejmowania decyzji. Typowe dla takich problemów jest to, że poszczególne decyzje mogą prowadzić do różnych wyników i że często nie można ustalić żadnego prawdopodobieństwa pojawienia się takiego czy innego wyniku. Jest to sytuacja charakterystyczna dla gier losowych. Modele te nazywamy modelami strategicznymi, a do ich rozwiązywania służy teoria gier i metody oparte o modele symulacji komputerowej.

## 1. KLASYFIKACJA DECYZJI

Jest wiele możliwości klasyfikowania decyzji, wydaje się jednak, że w sferze procesów militarnych najbardziej celowe będzie przyjęcie jako podstawy ich podziału kryterium podmiotowego, mianowicie rozróżnienia na decyzje jednostkowe i grupowe.

Można również przyjąć podział na decyzje instytucjonalne (normotwórcze), które podejmuje ciała instytucjonalne (stanowiska dowodzenia), te zaś mogą być jednostkowe lub kolektywne (komitety, zarządy, połączone sztaby itp.). Te ostatnie podejmują decyzje kolektywne. Odpowiadałoby to w przybliżeniu temu, co nazywam decyzjami grup formalnych (organizacji). Nie należy również zapomnieć o ważnym zagadnieniu różnic występujących między preferencjami indywidualnych decydentów a preferencjami, które znajdują wyraz w decyzjach kolektywnych. Te ostatnie charakteryzuje płynąca z normatywnego ustalenia zasada większości. Pogląd ten wydaje się tym bardziej uzasadniony, że również w teorii gier podział ten wysuwa się na czoło.

Na gruncie indywidualnym zacierają się, a w każdym razie są trudno uchwytnie, dwa podstawowe etapy procesu decyzyjnego: podjęcie i spełnienie decyzji często nie są uzewnętrznione. Przecież decyzję podejmuje i spełnia jedna i ta sama osoba, można ją więc nazwać decyzją prostą, bezpośrednią. Jednostka może nie tylko nie ujawnić decyzji, lecz w każdej chwili ją zmienić. Wobec środowiska, które obserwuje jej zachowanie, prezentuje się często jako „czarna skrzynka”. Nie tylko etapy wewnętrznego procesu decyzyjnego jednostki są trudno sprawdzalne, ale także zasilenia w postaci nagród i kar stosowanych przez nią wobec samej siebie. O takich decyzjach posiłkowych wiemy niewiele, jesteśmy zdani na introspekcję, przygodne relacje innych osób i skąpe wyniki badań laboratoryjnych<sup>9</sup>. Natomiast decyzje grupowe tym się różnią od indywidualnych, że dotyczą nie tylko zachowania się osób (osoby), które je podjęły, ale także lub wyłącznie innych członków grupy. Ponadto decyzje grupowe (zwłaszcza, jeżeli są to decyzje organizacji) mogą mieć wyższość nad indywidualnymi, jeżeli wynikają z większej ilości informacji.

---

<sup>9</sup> Koziński J. *Koncepcje psychologiczne człowieka* Wydawnictwo Akademickie „Żak” Warszawa 2000.

Słowem, grupa może przewyżżyć ograniczone możliwości jednostki. Trzeba też wziąć pod uwagę, że jednostka podejmując decyzje jako członek grupy, podlega jej określonym oddziaływaniom, toteż słusznie takie decyzje traktuje się jako intersubiektywne.

Gdy chodzi o decyzje grupowe, nasza wiedza jest o wiele uboższa, ze względu na złożoność zagadnień wiążących się z różnorodnością sytuacji, które obejmujemy jedną nazwą „grupowego pojmowania decyzji”. Ale i w tej dziedzinie w ostatnich latach trzeba odnotować postępy.

Uczyniono też poważny krok naprzód w dziedzinie badań nad małymi grupami zawodowymi, wymiarem sprawiedliwości oraz świadomością prawną, która jest jednym z czynników modelujących decyzje grupowe. Dla uniknięcia nieporozumień powiedzmy, że terminu „decyzje grupowe” używamy w dwojakim sensie: decyzje tego rodzaju mogą być podejmowane grupowo i tak samo realizowane, lecz także mogą być adresowane do innych grup i do jednostek. Rzadko, kiedy decyzja grupy jest realizowana tylko przez nią samą — jest bowiem zazwyczaj adresowana do innych.

Wydaje się jednak, że nasza wiedza jest wciąż niedostateczna, jeżeli chodzi o grupy o zróżnicowanych poziomych i pionowych więziach organizacyjnych. W takich grupach jednostka podejmuje czy realizuje decyzje nie jako osobowość, ale odpowiednio do roli, którą odgrywa w grupie. Stąd wydaje się celowe odrębne omówienie problematyki ról społecznych, ponieważ każda decyzja grupowa (zwłaszcza, gdy grupę stanowi organizacja militarna taka jak siły powietrzne) wyznacza role swoim członkom, stosownie do obowiązującego w niej systemu normatywnego.

Jakkolwiek istnieją dyscypliny, które badają jedynie pewne fragmenty problematyki decyzji, stawiając poza nawiasem swych zainteresowań badawczych zagadnienie indywidualnych cech decydenta (nauki wojskowe, organizacja i zarządzanie, ekonomia), to jednak podmiot decyzji musi być wzięty pod uwagę przy całościowym ujmowaniu zagadnienia.

Przechodząc do analizy stosunku decyzji jednostkowych do grupowych, można stwierdzić, że im wybitniejsza osobowość, im mniejsze jej skrzepowanie instytucjonalne, tym większa autonomia jej decyzji, tym śmielej też będziemy kwalifikowali takie decyzje jako osobiste, a nie jako decyzje grupy, w ramach której działa jednostka.

W decyzjach indywidualnych chodzi o własne interesy jednostki, o jej odpowiedzialność przed samą sobą. Nie sugeruję tu, że tego rodzaju decyzje są podejmowane arbitralnie, zapadają one stosownie do danego systemu normatywnego (chyba, że stoimy w obliczu decyzji dewiacyjnych), który jednostka uznaje za własny, za integralną część swojej osobistej struktury wartości.

Narzuca się tu jako egzemplifikacja decyzji podejmowanych przez dowódców. Ale jest to skojarzenie tylko pozornie trafne, w ich decyzjach uczestniczą, bowiem pozostający często w cieniu członkowie ich sztabów, bez których wkładu dowodzenie nie byłoby w pełni możliwe. To, co w tym kolektywie decydujących osób wysuwa na czoło dowódców to zakres ich odpowiedzialności za całokształt działalności systemu militarnego.

Otóż biorąc pod uwagę względną rzadkość podejmowania decyzji ściśle jednoosobowych (podejmował je Robinson, ale tylko do czasu pojawienia się Piętaszka) i ich ograniczone znaczenie społeczne, wydaje się celowe wyróżnienie również — w ramach kryterium podmiotowego — decyzji mieszanych. Trzeba bowiem wziąć pod uwagę, że często mamy do czynienia z decyzjami małych grup. Mają one niekiedy pozornie charakter grupowy, w rzeczywistości są zdominowane przez wybitną indywidualność wchodzącą w skład grupy (przykłady: rządy, kierownictwa partii politycznych, sztaby i zespoły odpowiedzialne za podejmowanie decyzji na stanowiskach dowodzenia w siłach powietrznych itd.).

Stosując kryterium podmiotowe, nie można pominąć rozróżnienia decyzji na decyzje grup formalnych i nieformalnych. Rozróżnienie to, powszechnie przyjęte w socjologii, ma charakter względny, bo zawsze rodzi pytanie dotyczące ich wzajemnego stosunku, a ten określa system normatywny, który rządzi daną grupą. Decyzje grup nieformalnych to te, które nie mieszczą się w ramach systemu zorganizowanej grupy, określanej jako formalna. Określenie to nabiera sensu w odniesieniu do grup podlegających nie uznawanemu systemowi normatywnemu.

Inne pożyteczne rozróżnienie decyzji grupowych dotyczy tych, które w socjologii określa się jako bezpośrednie i pośrednie, inaczej: proste i złożone. Procesy decyzyjne, jakie zachodzą w tych ostatnich, są w szczególności przedmiotem analizy nauki i socjologii organizacji. W tym miejscu można

jedynie zasygnalizować dwa zagadnienia: zagadnienie instytucjonalizacji złożonych procesów decyzyjnych oraz zagadnienie rytualizacji niektórych ich sekwencji.

W ramach złożonych grup z konieczności zawsze tworzy się mniejsza grupa przywódców czy kierowników i grupy hierarchicznie podległych wykonawców. Powstaje ośrodek decyzji oraz ogniwa pośrednie łączące go z podgrupami szeregowych członków grupy, którzy decyzje realizują. Te ogniwa pośrednie spełniają podwójną rolę. Z jednej strony, w stosunku do ośrodka decyzji, są ogniwem przekąźnikowo-wykonawczym, z drugiej strony — kierują zachowaniem pozostałych członków grup. Ośrodek decyzji przypisuje członkom związku (organizacji) ten sposób zachowania się, który sam preferuje. Dla wzmocnienia tej preferencji stosuje nagrody i sankcje (kary). Ośrodek decyzji, czyli władzę, stanowi jednostka lub grupa, a więc podmiot decydujący o zachowaniu członków grupy, który albo przypisuje im jako powinność określone zachowanie się, albo zezwala im na podejmowanie decyzji o własnym zachowaniu, albo też toleruje to zachowanie. Chodzi więc o to, że decyzja powzięta przez ośrodek decyzyjny grupy — rzadziej przez nią samą — ma wyzwolić decyzje innych osób zmierzające do realizacji pierwotnej, heteronomicznej decyzji. W żadnym razie nie można traktować decyzji grupowej jako sumy czy prostego powielenia decyzji indywidualnych.

Podsumowując tę część rozważań, trzeba zwrócić uwagę na okoliczność, że decyzje grupowe mają charakter, metadecyzji, ponieważ są nacelowane na zachowanie innych, tzn. na adresatów. Nakładają na nich powinność podjęcia odpowiednich decyzji wykonawczych.

Bo też decyzja podjęta w grupie może stać się zaczątkiem jej organizacji, jeżeli zapadną dalsze decyzje, które ją utrwalą i rozwiną, wyznaczając role członkom grupy i tworząc trwałe sprzężenia między nimi. Te ostatnie można traktować jako swoistego rodzaju zasilenie wzmacniające efektywność metadecyzji. Ponadto adresatami decyzji grupowej mogą być zarówno członkowie danej grupy, inne grupy (ich członkowie), jak też osoby pośredniczące w konflikcie — powołane przez strony konfliktu do jego rozstrzygnięcia (np. zaprowadzanie pokoju).

Ze względu na przedmiot decyzji można je dzielić w zależności od zainteresowań badacza. W organizacji wojskowej decyzje strategiczne w zasadzie podejmuje naczelne dowództwo. Jego decyzje realizują z kolei wielkie zespoły wykonawcze, których dowództwa podejmują decyzję operacyjną, na niższych szczeblach zaś — związki taktyczne, a w końcu — najmniejsze jednostki bezpośrednio realizujące zadania.

Otóż na gruncie nauk wojskowych powyższą klasyfikacją decyzji łączy się podział na decyzje strategiczne, operacyjne i taktyczne.

Decyzje można też rozważać z punktu widzenia następstw ich realizacji. Problem ten kojarzy się z rozróżnieniem funkcji jawnych i ukrytych, gdyż takie właśnie mogą być następstwa decyzji w złożonych organizacjach militarnych. Jawne następstwa decyzji będą odpowiadały zamierzeniom decydentów grupowych, natomiast następstwa utajone będą odbiegały od nich na skutek nieprzewidzianych wypadków losowych.

Sytuacja decyzyjna (wojskowa, militarna) jest określana bądź jako system zmiennych niezależnych, skłaniających decydentów do podjęcia działań, bądź jako system zmiennych wprawdzie niezależnych od decydentów, ale zależnych od działań innego ośrodka decyzyjnego. W tym drugim, przypadku, jeśli spojrzymy na problem w sposób obiektywny, to stwierdzimy, że sytuacja decyzyjna jest zmienną zależną. W poszczególnych typach militarnej analizy decyzyjnej sytuacja decyzyjna jest rozumiana za każdym razem inaczej.

W ujęciu psychologicznym dominuje podejście skrajnie subiektywne — sytuacja to wyobrażenie decydenta o bodźcu, stanowiące funkcję struktury jego osobowości<sup>10</sup>. Można, zatem wyróżnić dwa środowiska decyzyjne: psychologiczne (wyobrażone) i operacyjne (rzeczywiste). Jeśli występują pomiędzy nimi różnice, to przeważa środowisko psychologiczne.

W militarnym typie analizy, sytuacja decyzyjna również stanowi „obraz” rzeczywistości, ale zobiektywizowany, będący funkcją ścierania się odmiennych wyobrażeń kilku decydentów i w jakiś sposób ujednociany.

W typie organizacyjnym, sytuacja stanowi funkcję działań zorganizowanego środowiska systemu. Współzawodniczące ze sobą ośrodki decyzyjne często nie koncentrują się nie na sytuacji, ale na treści

---

<sup>10</sup> Bodnar A., *Sytuacja polityczna jako kategoria analityczna*, Warszawa 1998

przygotowywanej decyzji. Charakterystyczną cechą takich podejść stanowi przyjmowanie, iż sytuacją decyzyjną jest po prostu inicjatywa podjęcia jakiejś decyzji<sup>11</sup>.

W matematycznym typie analizy, sytuację określa się podobnie — jako funkcję równoczesnego działania, co najmniej dwóch ośrodków decyzyjnych.

Zgodnie z założeniami podejścia cybernetycznego, wojskowi na ogół nie mają ani czasu, ani możliwości, ani potrzeby dokonywania pełnej analizy sytuacji wojskowej (militarnej), w której działają. Decydenci rutynowi rozpoznają tylko kilka dobrze znanych im zmiennych, teoretycznie tylko najcenniejsze dla nich wartości i cele, a niezależni w ogóle nie interesują się samą sytuacją, ich zadanie stanowi pogodzenie wyobrażeń o sytuacji, jakie sformułowali ich podwładni (np. wybór jakiego dokonuje dowódca na zakończenie konferencji decyzyjnej w CAOC).

Do klasyfikacji sytuacji decyzyjnej należy przyjąć cztery podstawowe kryteria: świadomościowe, systemowe, wzburzenia pola decyzyjnego oraz jego autonomii.

1. Zgodnie z kryterium świadomościowym należy wyróżniać sytuacje rzeczywiste i wyobrazone, a więc te, które istnieją w sensie obiektywnym oraz te, które znajdują się tylko w świadomości decydentów. Proces podejmowania oraz wykonywania decyzji może przebiegać sprawnie i podlegać rzeczywistej optymalizacji tylko wtedy, gdy na jego wejściu pojawi się istniejąca sytuacja decyzyjna, to znaczy taka, której obraz, wytworzony w świadomości dowódcy - decydenta, będzie w pełni zgodny z jej cechami rzeczywistymi. We współczesnym świecie niełatwo to osiągnąć — rzeczywistość jest bowiem trudna do zdefiniowania, a decydenci na ogół nie mają czasu na jej pełne zbadanie. W gruncie rzeczy o tym, czy definicja sytuacji była prawidłowa można dowiedzieć się dopiero w trakcie jej wykonywania.

Inny aspekt problemu świadomości podejmuje J. Penc, odróżniając sytuacje dewiacyjne i innowacyjne<sup>12</sup>. W pierwszym przypadku decydenci porównują rzeczywistość ze świadomościowym stanem idealnym i stwierdzają defekt systemu. Muszą, więc podjąć bądź działania paliatywne, doraźnie

---

<sup>11</sup> Tyszka T. Psychologiczne pułapki oceniania i podejmowania decyzji. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 1999.

<sup>12</sup> Penc J., Strategie zarządzania, Placet, Warszawa 2001

poprawiające funkcjonowanie systemu, bądź usunąć głębokie przyczyny dewiacji. W przypadku sytuacji innowacyjnych świadomość wyprzedza powstanie problemu.

Podział sytuacji decyzyjnych na wewnętrzne i zewnętrzne wydaje się oczywisty i ważny. Należy jednak podkreślić wagę coraz silniejszych powiązań występujących pomiędzy nimi. We współczesnym i współzależnym świecie, sytuacja militarna w jednym państwie może w sposób bardzo głęboki kształtować sytuację międzynarodową, a sytuacja międzynarodowa wywiera oczywisty wpływ na sytuacje decyzyjne we wszystkich państwach.

Zgodnie z kryterium wzburzenia pola decyzyjnego i występujących w nim napięć, sytuacje militarne można podzielić na normalne i kryzysowe.

Tym samym, przyjęć należy, iż sytuacja militarna zależy nie tylko od zmieniających się stanów wewnętrznego i zewnętrznego środowiska militarnego. Zależy także od aktualnej postawy i wcześniejszych działań ośrodka decyzyjnego. Jeżeli decydenci działają w sposób konserwatywny i nie adaptują systemu do zmian otoczenia, to nawet stabilne pole decyzyjne stawać się będzie coraz bardziej wzburzone, ponieważ brak stałych działań dostosowujących zwiększy różnicę pomiędzy optymalnym stanem dynamicznej równowagi i stanem istniejącym. Tak więc stan napięcia pola decyzyjnego stanowi także funkcję decyzji podejmowanych przez decydentów militarnych. Stosując trzy wymienione wyżej kryteria można wyróżnić osiem sytuacji decyzyjnych, w których podejmowane są decyzje militarne — od sytuacji normalnej, w której destabilizujące zmiany w polu wewnętrznym i zewnętrznym są małe, a decydenci aktywnie adaptują się do zmian otoczenia, aż do sytuacji kryzysu czy wojny, gdy zmiany w obu polach są duże, a ośrodek decyzyjny wybiera konserwatywną adaptację pasywną, pogłębiając swoim zachowaniem istniejące trudności.

### **1.1 Normalna sytuacja decyzyjna**

Najstarsza ze znanych klasyfikacji militarnych sytuacji decyzyjnych znalazła się w dziele Wan-Wanga I-Cing, napisanym około 1150 r. p.n.e., a

następnie komentowanym i uzupełnianym, między innymi przez Konfucjusza. Celem opracowania było skodyfikowanie 64 możliwych sytuacji decyzyjnych na użytek władcy, także w celu prognozowania ich ewolucji na podstawie działań magicznych<sup>13</sup>. Reorganizując te analizy zauważymy, że zastosowano kryterium adaptacyjności decydentów wyróżniając sytuacje: aktywności (twórczość), pasywności (bierność) oraz kunktatorstwa (czekanie na okazję, zdobywanie przewagi małymi krokami). Według struktury pola decyzyjnego wyróżniono takie sytuacje decyzyjne jak: pokój, zastój, rodzina, rozpad czy konflikt. Według kryterium dynamiki pola decyzyjnego: pogoda ducha, trwanie w spokoju, pobudzenie, entuzjizm, postęp, powiększenie, przełamanie, pobudzenie (piorun), zrzucanie skóry (rewolucja) czy naprawianie zniszczeń. Według kryterium techniki podejmowania decyzji można odnaleźć takie sytuacje decyzyjne jak: młodzieńcza głupota, początkowe trudności, stąpanie, przed dokonaniem czy po dokonaniu<sup>14</sup>. Po odrzuceniu magicznego kontekstu I-Cing z zaskoczeniem można stwierdzić, że wiele sytuacji zdefiniowano w sposób bardzo precyzyjny, a zawarte tam zalecenia odnośnie do sposobu działania w różnych sytuacjach bywają mądre i wyważone.

Współcześnie sytuacje decyzyjne można analizować na dwa sposoby: w kategoriach teorii działań lub teorii oddziaływań. Zgodnie z założeniami teorii działań sytuacja decyzyjna jest zmienną niezależną od zachowań podmiotu podejmującego decyzje, a także od zachowań innych podmiotów działania.

Najważniejsze pojedyncze kryterium podziału sytuacji militarnych stanowi kryterium ryzyka decyzyjnego. Każdy ośrodek decyzyjny w każdej sytuacji w pewnym zakresie potrafi kształtować wydarzenia zewnętrzne, ale zawsze w pewnym zakresie nie ma na nie żadnego wpływu. Im niższa jest zdolność kontrolowania sytuacji, to tym większe będzie ryzyko. Można, więc wyróżniać sytuacje deterministyczne, probabilistyczne, statystyczne i strategiczne<sup>15</sup>.

1. Deterministyczna sytuacja decyzyjna występuje wtedy, gdy podjęcie decyzji nie oznacza właściwie żadnego ryzyka militarnego, ponieważ ośrodek

---

<sup>13</sup> I-Cing, Księga przemian, opr. Wilhelm R., Warszawa 1994.

<sup>14</sup> I-Cing, Księga przemian, opr. Wilhelm R., Warszawa 1994.

<sup>15</sup> Drużynin W. Kontorow D. Idea, algorytm, decyzja MON Warszawa 1980 Sokołowski S., Decyzje a działanie PWN Warszawa 1998

decyzyjny w pełni kontroluje wszystkie istotne parametry kształtujące taką sytuację. Jest to możliwe, gdy zakres władzy decydentów jest bardzo szeroki, a parametry pozostające poza kontrolą są dobrze zdefiniowane, znane i stabilne. Można wtedy mieć pewność, że wykonanie decyzji spowoduje skutki przewidywane i pożądane. Niestety, sytuacje takie w zasadzie nie występują.

2. Probabilistyczna sytuacja decyzyjna istnieje wtedy, gdy pojawia się ryzyko militarne. Ośrodek decyzyjny nie jest w stanie kontrolować jednego lub kilku parametrów kształtujących sytuację, ponieważ działają one w sposób losowy. Znane są jednak rozkłady prawdopodobieństwa parametrów pozostających poza kontrolą. Decydenci nie mają wtedy pewności wystąpienia pożądanych skutków, ale znają prawdopodobieństwo ich pojawienia się.

3. Statystyczna sytuacja decyzyjna zawiera w sobie znacznie większy ładunek ryzyka militarnego. W tym przypadku ośrodek decyzyjny nie tylko nie sprawuje kontroli nad jednym lub kilkoma parametrami, ale na dodatek nie zna rozkładów ich prawdopodobieństwa. Możliwe jest jednak sformułowanie hipotez na ten temat. Decyzje militarne podejmowane są wtedy tylko na podstawie hipotez, nie ma więc żadnej pewności pojawienia się pożądanych skutków decyzji.

4. Strategiczna sytuacja decyzyjna powoduje konieczność podejmowania najbardziej ryzykownych decyzji militarnych. W tym przypadku ośrodek decyzyjny nie tylko nie sprawuje kontroli nad jednym lub kilkoma parametrami, ale na dodatek nie zna rozkładów ich prawdopodobieństwa i nie może sformułować hipotez na ten temat. Jediną metodą przygotowania decyzji militarnej staje się wtedy przyjęcie założenia, że niektóre istotne parametry sytuacji są kontrolowane przez inny podmiot. Stosowana jest teoria gier, polegająca na hipotetycznym rekonstruowaniu strategii innego uczestnika w związku z hipotetycznym odtwarzaniem wyników działań obu graczy, zawartych w macierzy gry. Takie sytuacje w otoczeniu militarnym występują bardzo często.

Za uzasadnioną klasyfikację militarnych sytuacji decyzyjnych, dokonaną w ramach teorii działań, nadal uchodzi opracowanie C. Hermanna<sup>16</sup>. Autor oparł się na zasadnej opinii, że istnieją trzy podstawowe kryteria klasyfikowania sytuacji decyzyjnych. Są to: po pierwsze, przewidywalność ich wystąpienia

---

<sup>16</sup> Hermann C., *International Crisis as a Situational Variable*, New York 1996

(przewidywane — zaskakujące); po drugie, czas na podjęcie decyzji (ograniczony — nieograniczony); po trzecie, zagrożenie podstawowych wartości (wysokie — niskie).

Przyjmując, że oś AD symbolizuje zagrożenie, oś AB czas, natomiast oś AE stan świadomości decydentów militarnych (zob. rysunek 4.). Oznacza to, że w punkcie A zagrożenie jest wysokie, a w D niskie, w punkcie A czas na podjęcie decyzji jest krótki, a w B nieograniczony, w punkcie A sytuacja decyzyjna stanowi zaskoczenie dla decydentów, a w punkcie E jest w pełni przewidywana i są oni przygotowani na jej pojawienie się. Równoczesne zastosowanie trzech kryteriów pozwala na określenie wszystkich sytuacji decyzyjnych, z którymi spotykają się osoby podejmujące decyzje militarne.

Są to:

1. Sytuacja kryzysowa (punkt A), gdy czas na podjęcie decyzji jest ograniczony, zagrożenie podstawowych interesów państwa wysokie, a pojawienie się takiej sytuacji nie było przewidywane przez decydentów.

2. Sytuacja innowacyjna (punkt B), gdy czas na podjęcie decyzji nie jest wprawdzie ograniczony, ale zagrożenie interesów jest wysokie, a sytuacja nie została przewidziana.

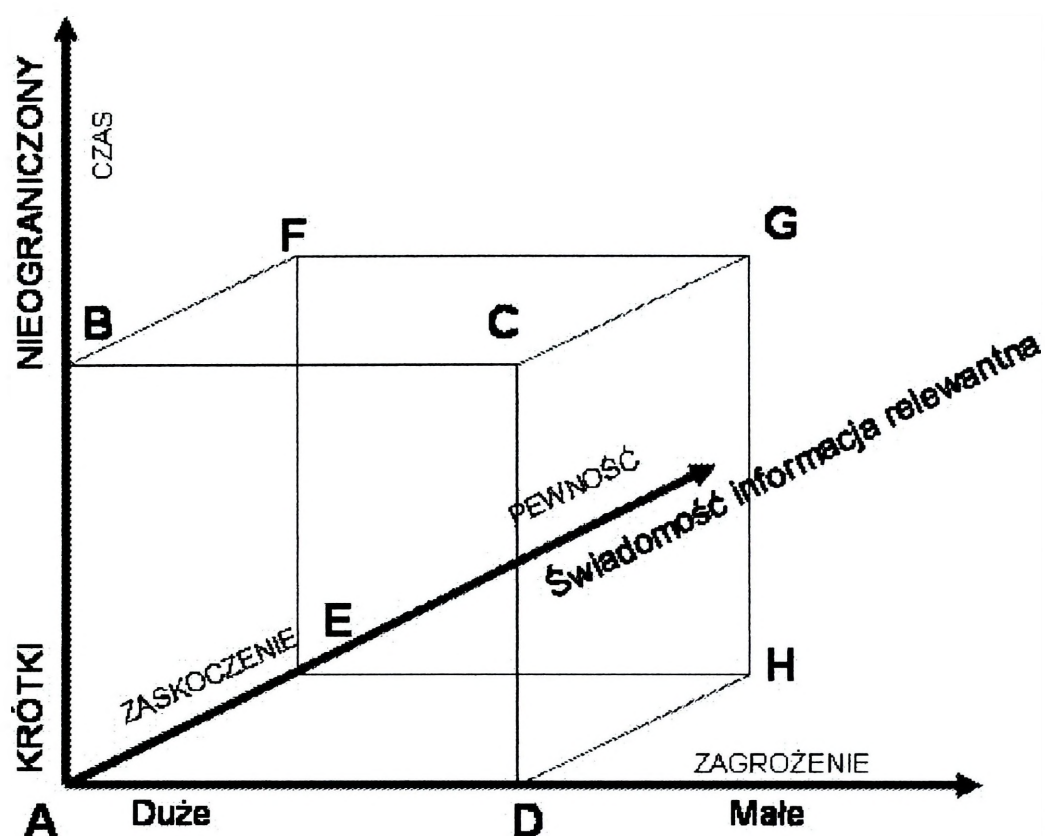
3. Sytuacja inercyjna (punkt C) istnieje, jeżeli czas na podjęcie decyzji nie jest ograniczony, zagrożenie interesów niskie, ale sytuacja nie została przewidziana.

4. Sytuacja okolicznościowa (punkt D) powstaje, gdy czas na podjęcie decyzji jest ograniczony, zagrożenie niskie, a sytuacja nieprzewidywana.

5. Sytuacja refleksyjna (punkt E) charakteryzuje się tym, że czas na podjęcie decyzji jest ograniczony, zagrożenie wysokie, ale pojawienie się sytuacji zostało przewidziane.

6. Sytuacja deliberacyjna (punkt F) ma miejsce, jeżeli czas na podjęcie decyzji nie jest ograniczony, ale zagrożenie interesów jest wysokie, choć sytuację tę przewidywano.

7. Sytuacja rutynowa (punkt G) powstaje, gdy czas na podjęcie decyzji nie jest ograniczony, zagrożenie jest niskie i na dodatek pojawienie się danej sytuacji przewidywano.



Rysunek 4. Klasyfikacja decyzji wg kryterium: czasu, zaskoczenia i zagrożeń

Źródło: Opracowanie własne

8. Sytuacja administracyjna (punkt H) charakteryzuje się tym, że czas na podjęcie decyzji jest ograniczony, ale zagrożenie niskie, a pojawienie się sytuacji przewidywano.

Można dodać, iż klasyfikacja C. Hermanna odnosi się równocześnie do problemu ryzyka militarnego powstającego podczas podejmowania i wykonywania decyzji militarnych: w sytuacji kryzysowej ryzyko będzie zawsze największe, podczas gdy w sytuacji rutynowej najmniejsze.

Zgodnie z założeniami teorii oddziaływań sytuacje decyzyjne są klasyfikowane w matematycznej teorii gier. Każda sytuacja militarna stanowi w tym ujęciu funkcję równoczesnego działania, co najmniej dwóch podmiotów, a więc w definicji uwzględnia się pętle sprzężenia zwrotnego: system działa na środowisko przez wyjście, środowisko przetwarza, bodziec a jego reakcja pojawia się na wejściu systemu. W teoriach działań sytuacja decyzyjna jest traktowana tylko jako wejście, systemu decyzyjnego.

W teorii gier stosowane są trzy kryteria podziału sytuacji decyzyjnych:

- z punktu widzenia liczby uczestników gry są dwuosobowe i n-osobowe,
- z punktu widzenia układu interesów stron wyróżnia się gry, w których hierarchie preferencji stron są identyczne, przeciwstawne lub mieszane,
- z punktu widzenia wyniku gry można wyodrębnić gry o sumie zerowej, gdy wygrana jednej strony powoduje identyczną, co do wartości przegraną drugiej strony, oraz gry o sumie niezerowej.

Tym samym, stosując te trzy kryteria można wyróżnić pięć sytuacji decyzyjnych

Po pierwsze, sytuacje współpracy powstają wtedy, gdy dwie strony mają identyczne hierarchie preferencji. Po drugie, sytuacje rokowań charakteryzują się ogólną zgodnością hierarchii preferencji dwu stron; są to gry kooperacyjne o sumie niezerowej. Po trzecie, sytuacje konfliktowe, czyli niekooperacyjne gry o sumie niezerowej, powstają, gdy hierarchie preferencji dwu stron są przede wszystkim sprzeczne. Po czwarte, sytuacje pełnego konfliktu dwu stron, czyli gry o sumie zerowej. Po piąte, sytuacje, w których uczestniczy wiele podmiotów, czyli gry n-osobowe.

Teoria gier skłania do głębszego analizowania sytuacji decyzyjnej, wymaga, bowiem zastanowienia się nie tylko nad własnym działaniem i jego celami, ale także nad określeniem interesów, celów i strategii drugiego uczestnika działań. W zasadzie każda sytuacja militarna w jakiej mogą uczestniczyć siły powietrzne może być zakwalifikowana do jednej z wymienionych kategorii.

## **1.2 Kryzysowa sytuacja decyzyjna**

Wydaje się oczywiste, że pojawienie się kryzysowej sytuacji militarnej powoduje odkształcenie przebiegu procesu decyzyjnego. Przejawia się to w reorganizacji ośrodka decyzyjnego, pojawieniu się zmian w sposobie postrzegania rzeczywistości i bardzo wyraźnym wpływie stanów emocjonalnych decydentów na proces decyzyjny. W literaturze przedmiotu dotyczącej sytuacji kryzysowych nie ma zgodności co do pojęcia: „kryzys”. Dla wyodrębnienia

stosowano kilkanaście kryteriów, a formułowane definicje można podzielić na subiektywne i obiektywne.

Najprostszą subiektywną definicję kryzysu podał O. Holsti twierdząc, że sytuacja taka powstaje, gdy ośrodek decyzyjny odczuwa stres wywołany wysokim ryzykiem decyzyjnym oraz ograniczonością czasu, jaki można poświęcić na przygotowanie decyzji<sup>17</sup>. Bardziej rozbudowaną definicję sformułował R. Lebow podkreślając, że kryzys powstaje wtedy, gdy decydenci sądzą, że: dana sytuacja w sposób istotny narusza interesy państwa, podjęta przez nich decyzja stworzy zagrożenie wybuchu działań zbrojnych oraz powinni działać szybko<sup>18</sup>.

W definicjach obiektywizujących zagadnienie kryzysu podkreśla się, że są to sytuacje ryzykowne, zmieniające się w sposób dynamiczny oraz złożone lub zagrażające podstawowym wartościom państwa, nieprzewidywalne oraz takie, w których czas na podjęcie decyzji jest bardzo ograniczony. Wróblewski, kryzys określa jako rozwój wydarzeń wewnętrznych lub zewnętrznych stanowiących bezpośrednio zagrożenie żywotnych interesów społeczeństwa<sup>19</sup>

Wynika z tego, że kryzys to taka zmiana wewnętrznego lub zewnętrznego środowiska państwa, która powoduje podważenie jego podstawowych wartości, (może zagrażać wybuchem działań zbrojnych), a politycy nie dysponują wystarczająco długim czasem na zareagowanie i podjęcie decyzji.

Kryzysowa sytuacja decyzyjna powstaje wtedy, gdy zmiany środowiskowe są na tyle głębokie, że w sposób istotny destabilizują system państwa, ponieważ naruszają jego podstawowe wartości, co grozi wybuchem działań zbrojnych, a decyzje polityczne trzeba podejmować natychmiast. Destabilizujące zmiany środowiskowe, jak i przyszłe skutki decyzji mogą odnosić się bądź do środowiska wewnętrznego (wojna domowa), bądź międzynarodowego (wojna międzypaństwowa), bądź do obu równocześnie. Przyjmujemy, iż trzy najważniejsze kryteria kryzysowości to: destabilizacja, groźba wojny i krótki czas na podjęcie decyzji.

---

<sup>17</sup> Holsti O, *Crisis, Eskalation, War*.

<sup>18</sup> Lebow R., *Between Peace and War: The Nature of International Crisis*

<sup>19</sup> Wróblewski R., *Wprowadzenie do strategii wojskowej*, AON Warszawa 1998.

Nawiązując do dwóch sposobów definiowania kryzysów trzeba podkreślić, że istotne znaczenie mają oba wymiary: obiektywny i subiektywny. Tym samym sytuacja kryzysowa może być: po pierwsze rzeczywista, gdy kryzys istnieje obiektywnie, a decydenci prawidłowo interpretują rzeczywistość. Po drugie obsesyjna, gdy kryzys istnieje tylko w świadomości decydentów, a nie w rzeczywistości; ośrodek decyzyjny reaguje wtedy w sposób kryzysowy, czego nie uzasadnia bodziec płynący ze środowiska. Takie reakcje mogą spowodować kryzys rzeczywisty, na przykład jeśli decydenci wymyślili sobie wroga, aby z nim zawzięcie walczyć. Po trzecie, jeżeli kryzys istnieje obiektywnie, a decydenci nie dostrzegają czarnych chmur nadciągającej burzy<sup>20</sup>.

W psychologicznych teoriach decyzji pogląd ten nie jest akceptowany. J. Kozielski pisze, że badania nie potwierdzają tezy o istnieniu trwałej cechy osobowości, zwanej skłonnością do ryzyka. Natomiast zachowania ryzykowne stanowią funkcję czynników środowiskowych oraz cech osobowości decydenta. Wpływ będą, więc miały: rodzaj sytuacji, typ decyzji, struktura układów instytucjonalnych oraz poziom lęku czy agresywność. Równocześnie testowana jest hipoteza N. Kogana i M. Wallacha, zgodnie z którą istnieje jednak pewna grupa osób, których zachowanie w obliczu ryzyka jest konsekwentne — posiadają więc taką cechę osobowości.

Y. Yertzberger próbuje te podejścia połączyć, odróżniając ryzyko rzeczywiste (RR), ryzyko uświadomione (RU) oraz ryzyko możliwe do zaakceptowania (RA). Wśród sześciu możliwych połączeń pomiędzy tymi zmiennymi<sup>41</sup>, można wyodrębnić dwa skrajne typy decydentów. Ryzykanci uświadamiają sobie tylko część ryzyka rzeczywistego i są skłonni akceptować ryzyko większe od uświadomionego ( $RR > RU$ ) oraz ryzyko uświadomione jest mniejsze od akceptowalnego ( $RU < RA$ ). Natomiast decydenci bardzo ostrożni wyolbrzymiają ryzyko rzeczywiste oraz mają skłonność do akceptowania ryzyka mniejszego od uświadomionego ( $RR < RU$  oraz  $RU > RA$ ).

Wydaje się więc, że w literaturze przedmiotu brak obecnie jednolitej opinii na temat tej bardzo ważnej klasyfikacji ośrodków decyzyjnych. W ujęciu dedukcyjnym cecha ta jest dostrzegana, a w ujęciu indukcyjnym negowana.

<sup>20</sup> A. Bodnar, *Problemy teorii decyzji militarnych* PWN Warszawa 1990

### 1.3 Ryzyko decyzji

W konfliktach zbrojnych ostatniego dziesięciolecia wyraźnie dało się zaobserwować dominujące znaczenie sił powietrznych<sup>21</sup>, o czym mogą świadczyć doświadczenia konfliktu bałkańskiego, „Pustynnej Burzy” i wojny w Afganistanie. Szczególnego, zatem znaczenia nabrała umiejętność dowodzenia siłami powietrznymi w warunkach ryzyka i niepewności. Zapotrzebowanie na opracowania teoretyczne dotyczące ryzyka związanego z użyciem sił powietrznych zostało zwielokrotnione<sup>22</sup>.

We współczesnym dowodzeniu siłami powietrznymi nie wystarczy już sama weryfikacja mierników oceny efektywności<sup>23</sup>, lecz równorzędne znaczenie ma pomiar ryzyka. Istnieje, bowiem zasada, że aby skutecznie dowodzić należy uwzględniać ryzyko, - ale trzeba go najpierw zmierzyć. Można, zatem postawić wstępnie taką tezę, że we wcześniejszych epokach historycznych dowodzący doraźnie badali ryzyko działania, natomiast współcześnie istnieje konieczność ciągłego zarządzania ryzykiem we wszystkich fazach procesu dowodzenia. Dotyczy to głównie dowodzenia na szczeblu strategicznym, szczególnie teraz, gdy polskie siły powietrzne występują w strukturach NATO. W efekcie powstał nowy jakościowo problem związany z identyfikacją globalnego ryzyka.

Poglądy autorów dotyczące pojęcia wszechstronnego zarządzania ryzykiem są do siebie na ogół bardzo zbliżone, a różnice i specyfika wynikają jedynie z braku jednolitości i zgodności, co do definicji pojęcia ryzyko. Ryzyko należy utożsamiać z wolnym wyborem, a nie z nieuchronnym przeznaczeniem. W rozwoju teorii i praktyki pojęcie ryzyka ma charakter wieloaspektowy i wieloznaczny. Należy je odróżnić od pojęcia „niepewność”. A.H. Willet<sup>24</sup> pierwszy dostrzegł te różnice stwierdzając, że ryzyko jest zjawiskiem obiektywnym skorelowanym z subiektywną niepewnością wystąpienia niepożądanego zdarzenia. Jednak najbardziej istotne było ogłoszenie teorii niepewności mierzalnej i niemierzalnej

<sup>21</sup> Michalak M., *Dominacja z powietrza*. AON, Warszawa 1999.

<sup>22</sup> W dostępnych publikacjach brak jest zwartego i aktualnego opracowania dotyczącego teorii ryzyka dowodzenia siłami powietrznymi.

<sup>23</sup> Makowski P., *Prospektywna ocena efektywności lotnictwa uderzeniowego w walce o przewagę w powietrzu*. AON, Warszawa 2001.

<sup>24</sup> Wille A.H., *The Economic Theory of Risk Insurance*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia 1951. Za Grzybowski W., *Ryzyka, innowacje i decyzje gospodarcze*, Lublin 1984

przez F. Knighta<sup>25</sup>, według którego ryzyko to niepewność mierzalna, a niepewność *sensu stricto* to niepewność niemierzalna. Inaczej relacje pomiędzy niepewnością i ryzykiem rozumie W. Grzybowski, który uważa, że pojęcie niepewności da się zastosować do każdej sytuacji, której nie da się opisać w sposób absolutnie dokładny, bez względu na stopień tej dokładności oraz bez względu na to, czy opisywana sytuacja grozi powstaniem odchyłeń różnokierunkowych, czy tylko odchyłeń ujemnych. Pojęcia ryzyka z kolei nie można rozumieć tak szeroko, ponieważ może być ono odnoszone do sytuacji, które grożą zaistnieniem odchylenia ujemnego, bądź, dla których odchylenie ujemne jest jedną z możliwych alternatyw<sup>26</sup>. Później J. Pfeffer<sup>27</sup> określił relacje między ryzykiem a niepewnością stwierdzając, że ryzyko „...jest kombinacją hazardu i jest mierzone prawdopodobieństwem; niepewność jest mierzona przez poziom wiary. Ryzyko jest stanem świata; niepewność jest stanem umysłu”. Zupełnie odmiennego zdania jest Nosal Cz.S. twierdząc, że ryzyko to złożony stan umysłu. Z jednej strony określa go sytuacja, tkwiące w niej szanse, wygrane czy przegrane. Z drugiej jednak strony – percepcja ryzyka zależy od wielu cech osobowości, modyfikujących to co postrzegają menedżerowie, a zatem i dowódcy. Czym w takim razie jest zarządzanie ryzykiem?! Analizę ryzyka można porównać do kreślenia mapy potencjalnych zagrożeń oraz szacowania szkód mogących być ich wynikiem. Zarządzanie ryzykiem to wykorzystanie tej mapy i podejmowanie decyzji jak uniknąć wspomnianych zagrożeń.

W ostatnich latach badania nad ryzykiem doprowadziły do podjęcia skoordynowanych prób definiowania ryzyka i stworzenia modeli zarządzania nim. W próbach tych chodziło przede wszystkim o stworzenie takiej struktury działań, która umożliwiłaby identyfikację i ograniczenie ryzyka

Dzieje ryzyka są długie i niezwykle — od przepowiedni (wyrocznia delficka), gry w kości i roli wróżbitów, którzy mieli monopol na wiedzę dotyczącą przyszłości, do wyrafinowanych metod jego oceny<sup>28</sup>, chociażby w postaci instrumentów pochodnych od badań operacyjnych i teorii gier. Skończyła się już era roli intuicji, doświadczenia i irracjonalnych ocen ryzyka. Coraz większe znaczenie mają

<sup>25</sup> Knight F.H., Risk, uncertainty and profit, New York 1957.

<sup>26</sup> Grzybowski W., Ryzyka i decyzje gospodarcze PWN, Warszawa 1995.

<sup>27</sup> Pfeffer J., Insurance and Economic Theory, Irvin Inc., Homewood, Illinois, 1965.

<sup>28</sup> Pierwsze wzmianki o ocenie i pomiarze ryzyka zawarte są w korespondencji pomiędzy Pascalem i Fermatem. Za Bernstein P.L., Przeciw bogom – niezwykle dzieje ryzyka, WIG PRESS, Warszawa 1997.

skomplikowane metody matematyczno-statystyczne i ekonometryczne, wspomagane komputerowymi programami oceny ryzyka.

Istnieje teoria ryzyka i wiele metod jego oceny, ale nie (wszystkie z nich) są popularne wśród dowódców różnych szczebli dowodzenia polskich sił powietrznych i nie są stosowane w praktyce. Wszystkie teorie z konieczności są przybliżone do realiów współczesnej rzeczywistości, ale wyniki zastosowania tych metod mogą być zadziwiająco dobre w aspekcie ich przydatności dla praktycznej działalności dowódców (decydentów) sił powietrznych. Optymistycznie można stwierdzić, że obecnie praktycy mogą korzystać z już istniejących mierników ryzyka, a teoretycy w zakresie jego pomiaru i oceny mają ciągle wiele do zrobienia.

Niepewność i ryzyko są naturalnymi i nieodłącznymi cechami procesu dowodzenia siłami powietrznymi. Rezultat działalności dowódców, a więc ich sukcesy lub porażki, zależą od rozpoznania obecnych oraz przyszłych obszarów niepewności i ryzyka, zwłaszcza w sytuacji ocen długookresowych.

Należy stwierdzić, że niepewność jest pojęciem szerszym, ryzyko zaś jest jego pochodną i ma charakter wymierny. Oznacza to, że istnieją podstawy nie tylko do identyfikacji ryzyka, lecz także do jego weryfikacji empirycznej przy zastosowaniu odpowiednich metod jego pomiaru. W ocenie efektywności działania sił powietrznych niepewność i ryzyko są funkcją dwóch grup czynników<sup>29</sup>:

- liczby i jakości informacji będących w dyspozycji dowódcy;
- zmienności warunków realizacji zadań.

W związku z tym ryzyko i niepewność trzeba rozpatrywać, uwzględniając następujące fakty:

- niepewność ma wymiar informacyjny, a jej przyczyną jest bariera dostępu do informacji lub niewiarygodność uzyskanych informacji (niekiedy nawet brak możliwości doboru odpowiednich technik szacowania ryzyka przy założeniu ograniczonych danych); nie można ustalić prawdopodobieństw wystąpienia określonych działań (zdarzeń, zjawisk) i oczekiwanych rezultatów;
- ryzyko jest abstraktem posiadającym możliwość dokonania pomiaru, ponieważ można dokonać jego pomiaru; dotyczy to sytuacji, gdy istnieją dostępne informacje umożliwiające ocenę możliwych strat i zysków związanych z danym działaniem, czyli oczekiwanych skutków przyszłych decyzji. Wynika z tego, że wyznacznikiem

---

<sup>29</sup> Koziół J. Zarządzanie ryzykiem w siłach powietrznych, AON, Warszawa 2002.

ryzyka jest możliwość wystąpienia straty lub zysku różnych od wielkości oczekiwanych przez dowódcę. Ryzyko występuje również w sytuacji, gdy informacje są niewystarczające (nie są pełne i nie są spójne), ale pozwalają na oszacowanie prawdopodobieństw powstania określonych zjawisk związanych z działaniem sił powietrznych. Z kolei, niepewność występuje w sytuacji, gdy brak jest jakichkolwiek przesłanek (informacji) do oszacowania tych prawdopodobieństw. Należy dodać, że w tym kontekście kryterium odróżnienia ryzyka od niepewności może mieć charakter subiektywny z uwagi na zbyt małą obiektywność w szacowaniu prawdopodobieństw możliwych zdarzeń. Istnieją trzy podstawowe obszary warunków, w których dowódcy podejmują decyzje<sup>30</sup>:

- **warunki pewności**, dotyczące realizacji działań sił powietrznych w otoczeniu stabilnym gdzie dowódcy dysponują wszystkimi koniecznymi informacjami i na skutki decyzji wpływają tylko parametry całkowicie określone;
- **warunki niepewności** — wynikiem działania sił powietrznych jest zbiór określonych możliwych wyników, których prawdopodobieństwa nie są znane; dowódcy poszczególnych szczebli nie mają dostępu do informacji i istnieje brak podstaw do ustalenia oczekiwanych rezultatów działań; niepewność może dotyczyć informacji niezbędnych do podjęcia decyzji, a także skutków podjętych decyzji; mogą istnieć różne skale tolerancji niepewności;
- **warunki ryzyka** — działanie, które prowadzi do zbioru wyników, z których każdy ma *a priori* określone prawdopodobieństwo pojawienia się. Prawdopodobieństwo to można oszacować w sposób wymierny bądź określić jego poziom subiektywnie na podstawie doświadczeń z przeszłości<sup>31</sup>. Dowódcy mają dostęp do informacji i możliwości pomiaru oczekiwanych rezultatów; mogą podejmować decyzje w warunkach dopuszczalnego (optymalnego) ryzyka oraz podwyższonego ryzyka związanego z przewidywanymi zdarzeniami losowymi i przeciwdziałaniem przeciwnika.

Z decyzjami w warunkach pewności mamy do czynienia wówczas, gdy znane są dowódcy zależności przyczynowe zaistniałej sytuacji oraz czynniki, które ją kształtują. Oznacza to, że dowódca (decydent) dysponuje pełną informacją i mimo że może się pojawić kilka wariantów decyzyjnych, to na

<sup>30</sup> Kozioł J. Zarządzanie ryzykiem w siłach powietrznych, AON, Warszawa 2002.

<sup>31</sup> Moore R.G., Ryzyko w podejmowaniu decyzji. PWN, Warszawa 1971.

podstawie deterministycznego systemu przewidywań można dokładnie określić przyszły wynik podjętego działania. W praktyce dowodzenia siłami powietrznymi warunki pewności występują niezwykle rzadko z małą częstotliwością i w sytuacjach rutynowych.

Natomiast dużo bardziej skomplikowane jest podejmowanie decyzji w warunkach niepewności i ryzyka. Współcześnie jednak zdecydowana większość działań sił powietrznych odbywa się w warunkach mniejszej lub większej niepewności. Zazwyczaj dowódca ma tylko możliwość identyfikacji zbioru różnych zdarzeń, które mogą przyjąć wartości charakterystyczne dla danych warunków działania - może oszacować prawdopodobieństwa ich wystąpienia. W rezultacie dowódca, decydując się na realizację konkretnego wariantu działania, nie jest pewny oczekiwanego rezultatu działania.

W racjonalnym<sup>32</sup> dowodzeniu jest wymagane zastąpienie niepewności ryzykiem, w którym relacja między prawdopodobieństwem sukcesu a jego kosztami może być dość wyraźnie określona. Uzasadnieniem konieczności identyfikacji i weryfikacji ryzyka jest możliwość osiągnięcia korzyści oczekiwanych przez dowódcę lub uniknięcia strat. Implementacja ryzyka, czyli uwzględnienie go w ocenie efektywności działania sił powietrznych, jest nadrzędnym warunkiem podejmowania decyzji. Zróżnicowane obszary niepewności i ryzyka, uwzględniane przy podejmowaniu decyzji o użyciu wojsk lotniczych i obrony powietrznej, są przyczyną powstawania trzech rodzajów zachowań dowódczych:

- **preferowania ryzyka i jego skutków** — dowódca podejmuje decyzje nawet w sytuacji, gdy prawdopodobieństwo strat przeważa nad prawdopodobieństwem uzyskania jakichkolwiek korzyści;
- **neutralności wobec ryzyka** — dowódca nie podejmuje decyzji, gdy szansę na osiągnięcie powodzenia są niekorzystne;
- **niechęci do ryzyka i awersji do pomiaru ryzyka** — dowódca potrzebuje przewagi szans powodzenia.

Ważną cechą niepewności i ryzyka jest ich dynamiczny i ekonomiczny charakter. Wyraża się to w następujących faktach<sup>33</sup>:

- niepewność i ryzyko są bezpośrednio związane z czasem — wzrastają wraz z

<sup>32</sup> Nowoczesny, zgodny z najnowszymi osiągnięciami nauki, przynoszący pożądane efekty; zgodny z rozumem, oparty na rozumowaniu, mający rozumowe podstawy – Słownik współczesnego języka polskiego, Przegląd Reader's Digest, Warszawa 1998.

<sup>33</sup> Ostrowska E., Ryzyko projektów inwestycyjnych. PWE, Warszawa 2002.

wydłużeniem horyzontu czasowego działania wraz z zaangażowanym potencjałem do realizacji tego działania;

- dowódca podejmujący decyzję związaną z większym ryzykiem może więcej zyskać lub więcej stracić niż w przypadku decyzji charakteryzującej się mniejszym ryzykiem; istnieje, zatem problem wyboru między ryzykiem a przewidywanymi osiągnięciami;
- ryzyko ma swoją cenę, która zależy od rodzajów ryzyka i metod jej ustalania; z uwagi na tę cenę<sup>34</sup> mówimy o działaniach mniej lub bardziej bezpiecznych, czyli o mniejszym lub większym ryzyku;

W tym zakresie każdy dowódca ma swoje preferencje przy wyborze wariantu (strategii) działania. W związku z tym dążenie do ograniczenia ryzyka jest związane z chęcią minimalizacji ewentualnych strat lub maksymalizacją oczekiwanych rezultatów. Istotny jest, więc problem relacji działań. Dowódca może oczekiwać:

- przewidywanych rezultatów działań wolnych od ryzyka, czyli pewnych;
- przewidywanych rezultatów działań, ale niepewnych lub obciążonych ryzykiem.

W decyzjach związanych z działalnością sił powietrznych ważne jest rozróżnienie ryzyka niezależnego i zależnego od decydentów.

Ryzyko niezależne od dowódców łączy się z niepewnością otoczenia sił powietrznych oraz brakiem dostępności do informacji i możliwości oddziaływania na realizację podjętych decyzji.

Z kolei, ryzyko zależne od dowódców wynika z ich merytorycznej wiedzy, sprawności (często fizycznej) i preferencji w zakresie skłonności do podejmowania ryzykownych decyzji w warunkach dostępności do informacji i gotowości pomiaru ryzyka.

Krótko należy zasygnalizować teraz różnicę między ryzykiem zależnym i niezależnym od dowódcy, aby lepiej można było zrozumieć dwa zasadnicze komponenty sytuacji wpływającej na ogólną ocenę ryzyka. Zauważmy, że sposób skrajnego interpretowania sytuacji, w której działają siły powietrzne, jako zależnej od dowódcy lub losowej, istotnie wpływa na poziom subiektywnie spostrzeganego ryzyka. Rzeczywiste sytuacje, w których działają dowódcy są

---

<sup>34</sup> Cenę nie koniecznie wyrażoną w jednostkach pieniężnych, w działalności sił powietrznych najczęściej trudno wyrazić w wielkościach materialnych.

kombinacjami różnych poziomów sprawności ich działania i udziału czynników losowych.

W sytuacji zależnej od sprawności dowódcy, który zdobył wiedzę o swoich możliwościach (skuteczności), ocenia on poziom przewidywanego ryzyka odwrotnie do rosnącego poziomu swojej skuteczności<sup>35</sup>. Ściślej rzecz ujmując, przewidywania te zależne są od dotychczas uzyskiwanych rezultatów działań. W takich warunkach ocena ryzyka przewidywanego w danej chwili uwzględnia kilka aspektów i składników:

- aktualny bilans skutków działania;
- możliwość zmniejszania się przyszłych rezultatów wskutek działania czynników losowych (np. zakłóceń, spadku uwagi, zmęczenia, itp.);
- możliwość systematycznego wzrastania rezultatów w toku nabywania większej sprawności działania;
- horyzont czasu działania,
- proporcje wpływu czynników zewnętrznych i wewnętrznych na przebieg oraz skutki działania.

Dowódca, który uwierzył w swoją sprawność intelektualną i w to, że kontroluje sytuację dzięki coraz wyższej sprawności swego działania, minimalizuje wpływ czynników losowych, wydłuża również czasową perspektywę podejmowanego działania i jest przekonany, że większy jest udział czynników wewnętrznych, od niego zależnych<sup>36</sup>.

Ten prosty przykład dobrze uwidacznia dwa skrajne sposoby oceniania ryzyka. Pierwszy z nich polega na przecenianiu roli czynników losowych i niedocenianiu możliwości własnego działania, czyli roli czynników sprawnościowych. Przy takim postrzeganiu świat staje się ruletką, ryzyko spostrzegane jest jako wysokie, wzrasta pesymizm, skraca się horyzont czasowy działania. Drugi sposób patrzenia na świat prowadzi do niedoceniania roli czynników losowych z przecenianiem własnych możliwości działania. W takim wariacie działanie staje się „zadaniem” możliwym do wykonania, wzrasta optymizm i wydłuża się horyzont czasowy prognoz. Dostrzeżenie tych zjawisk jest interesujące jeszcze pod jednym względem - oceny subiektywnych szans sukcesu i porażki.

---

<sup>35</sup> Nosal Cz.S., Psychologia myślenia i działania menedżera, Akade, Kraków 2001.

<sup>36</sup> Tamże.

Na początku analizowania sytuacji decyzyjnej dowódca odczuwa brak rzeczowych podstaw do oceny szans. W miarę jej trwania gromadzona jest informacja o rozkładzie szans, która może być wykorzystana do formułowania coraz dokładniejszych przewidywań. Ocena ryzyka wyrażona zostaje w skali subiektywnego prawdopodobieństwa<sup>37</sup>.

Przy podejmowaniu decyzji dotyczących użycia sił powietrznych zawsze należy się liczyć z mniejszym lub większym ryzykiem, związanym choćby z trudnym do zidentyfikowania otoczeniem, w jakim siły powietrzne funkcjonują i nieprecyzyjnością kryteriów jego oceny. Siły powietrzne realizując postawione przed nimi zadania nie powinny działać w warunkach niepewności, ale są one przygotowane do działania w warunkach ryzyka, tzn. w pewnym przedziale bezpieczeństwa, wynikającego z rozumnej kalkulacji potencjalnych korzyści (zysków) i potencjalnych zagrożeń (strat), które trzeba będzie ponieść w razie niepowodzenia. Każdy dowódca podejmując decyzję o użyciu sił powietrznych musi się liczyć z ryzykiem osobowym, rzeczowym i prawnym (odpowiedzialność)<sup>38</sup>. Musi mieć świadomość ryzyka, ale i zdolność do jego podejmowania.

Oczywiście taka umiejętność nie jest tożsama z nierozważnym „rzucaniem się” na sytuacje ryzykowne. Takie zachowanie oznacza ryzykanctwo, tj. działanie lekceważące rachunek możliwości, będące często zaprzeczeniem poczucia odpowiedzialności decydenta. Różnica między gotowością do ryzyka i działań o niepewnym, ale prawdopodobnym skutku, a ryzykanctwem polega na rachunku korzyści i strat, na szacowaniu szans powodzenia i groźby porażki.

Zachowanie takie jest oczywiście oparte na świadomości ryzyka, ale też na próbie określenia skali jego wielkości (szansy powodzenia) i zazwyczaj nie akceptuje każdego ryzyka, lecz ryzyko dobrze skalkulowane, tzn. ryzyko opłacalne, oparte na szacunku koniecznych nakładów czasu, wysiłku oraz możliwych do osiągnięcia korzyści.

Podejmowanie ryzyka w działalności dowódców w ramach sił powietrznych jest konieczne zarówno dla osiągnięcia określonych korzyści, jak i szeroko rozumianego bezpieczeństwa. Charakter tego ryzyka zmienia się należy, więc uwzględniać coraz bardziej niepewność, a faktycznie wiele niepewności i

<sup>37</sup> Moore R.G., Ryzyko w podejmowaniu decyzji PWN, Warszawa 1971.

<sup>38</sup> Kozioł J., Zarządzanie ryzykiem w siłach powietrznych, AON, Warszawa 2002.

dlatego też konieczne jest przechodzenie od ryzyka opartego na intuicji do ryzyka opartego na kwantyfikacji prawdopodobieństwa osiągnięcia pożądanego rezultatu i badaniu alternatywnych scenariuszy przyszłych wydarzeń.

Wielu dowódców, wobec rosnącej niepewności powodowanej gwałtownymi zmianami otoczenia, ogranicza skłonność do podejmowania ryzyka, a przez to traci inicjatywę. W pewnym sensie jest to uzasadnione, gdyż potencjalne straty nietrafnych decyzji są zazwyczaj duże, a efekty powodzenia nie zawsze spektakularne.

Jednakże niepodejmowanie ryzyka nie jest wcale bezpieczne, gdyż oznacza brak niezbędnych zmian, szybkie starzenie się, schematyzm w działaniu i stagnację intelektualną. Skutecznym środkiem przeciwdziałania temu są zmiany kompleksowe (systemowe) i odcinkowe (problemowe) odpowiednio zaprojektowane.

Zmiany wiążą się oczywiście z ryzykiem, ale bez nich nie ma poprawy efektywności i postępu<sup>39</sup>. Toteż programując zmiany trzeba ponieść wysiłek zmierzający do zminimalizowania ryzyka, nie zaś do jego unikania. Tego wymaga racjonalne dowodzenie. Właśnie skuteczne, kreatywne dowodzenie jest ściśle związane z chęcią podejmowania ryzyka, często nawet ryzykownej gry w celu pomnożenia korzyści. Współczesny dowódca ma znaczne możliwości podejmowania racjonalnego ryzyka, gdyż ma do dyspozycji różne narzędzia ułatwiające przewidywanie przyszłości i radzenie sobie z problemami, które ona niesie, a więc i lepsze przystosowanie swoich podwładnych do coraz bardziej „burzliwego” otoczenia. Narzędzi takich dostarczają mu nowoczesne systemy informacyjne i badania operacyjne<sup>40</sup>.

Gwarancją bezpiecznego zarządzania ryzykiem jest właściwy monitoring<sup>41</sup> dotyczący wielu zróżnicowanych i złożonych warunków działania sił powietrznych w celu identyfikacji oraz ciągłej weryfikacji niepewności i ryzyka. Monitorowanie ryzyka należy utożsamiać z nadzorem nad właściwym wdrażaniem wariantu (strategii) działania, czyli ze sterowaniem w kierunku zaplanowanych rezultatów, a nie z kontrolą. Ponadto jest ono istotnym elementem

<sup>39</sup> Hatch M.J., Teoria organizacji, PWN, Warszawa 2002.

<sup>40</sup> Flakiewicz W., Informacyjne systemy zarządzania, PWE, Warszawa 1990.

<sup>41</sup> Monitoring – prowadzenie stałej obserwacji, dokonywanie ciągłych, systematycznych pomiarów; Słownik współczesnego języka polskiego t1, Przegląd Reader's Digest, Warszawa 1998.

strategicznego, operacyjnego i taktycznego (bieżącego) zarządzania ryzykiem. Monitorowanie ryzyka polega na<sup>42</sup>:

- ciągłej weryfikacji rodzajów i rozpiętości ryzyka na dany moment;
- kontroli i uporządkowaniu obiegu informacji w celu ustalenia źródeł błędów przy wykorzystaniu wcześniej opracowanych oceny efektywności działania sił powietrznych, w tym formuł pomiaru ryzyka;
- ocenie ewentualnych rozbieżności między założeniami planu działania a rzeczywistymi wynikami.

Należy pamiętać, że teza o możliwości kontrolowania niepewności ośmiela dowódców do podejmowania większego ryzyka, którego wcześniej unikaliby. Zatem możliwość monitorowania ryzyka może czasami stwarzać nowe ryzyko dla planowanych działań. W efekcie liczba ryzyk może wzrastać, ale ich skutki są coraz mniej groźne dla realizacji postawionych zadań. W monitorowaniu ryzyka chodzi o weryfikowanie szans na korzyści lub zagrożenia stratami. Dlatego informacje dotyczące nieprawidłowości, głównie będące czynnikami ryzyka, powinny być generowane wewnątrz struktury organizacyjnej (jednostki, oddziału) realizującej zaplanowany wariant działania. Taka potrzeba wynika z faktu, że niekiedy w strumień informacji w ujęciu ilościowo-jakościowym mogą pojawić się zniekształcenia i sprzeczności. Ich pojawienie się może wskazywać na występowanie słabej komunikacji wewnątrz określonej komórki organizacyjnej realizującej postawione zadanie. W takiej sytuacji należy zidentyfikować źródła i przyczyny tych zniekształceń oraz sformułować odpowiednie wnioski na przyszłość. Należy dodać, że istnieją programy wspomagające pracę oficerów sztabów oraz ułatwiające kontrolę zarządzania ryzykiem. Są to programy analizy statystycznej, modele symulacyjne i decyzyjne.

Wykorzystanie różnorodnych metod oceny ryzyka w dowodzeniu siłami powietrznymi zależy od kilku podstawowych kryteriów ich wyboru. Są to:

- dostępność informacji przy uwzględnieniu ich zmienności w czasie;
- horyzont czasowy realizowanych zadań (długo i krótkookresowa ocena ryzyka);
- znajomość metod oceny ryzyka i umiejętność ich zastosowania w praktyce działania sił powietrznych;

---

<sup>42</sup> Ostrowska E., Ryzyko projektów inwestycyjnych, PWE, Warszawa 2002.

- wiedza i doświadczenie w zakresie oszacowania skali i prawdopodobieństwa zdarzeń mających wpływ na ryzyko działania sił powietrznych (dotyczy to dowódców wszystkich szczebli dowodzenia), a także świadomość prac i czasochłonności zastosowania metod;
- skłonność dowódców do podejmowania decyzji w warunkach względnej pewności i bezwzględnej niepewności oraz ryzyka;
- znaczenie determinantów polityczno, gospodarczych i militarnych oceny ryzyka, a także ich skutków z punktu widzenia skuteczności realizacji zadań sił powietrznych;
- możliwość użycia komputerowych programów oceny ryzyka w planowaniu działań sił powietrznych.

W procesie wykorzystywania metod oceny ryzyka działania sił powietrznych nie należy zapominać o wyeksponowaniu ekonomiczno-finansowych skutków ryzyka, utożsamianych z korzyściami lub stratami. Równocześnie należy uwzględnić prawdopodobieństwa aprobata tych skutków przez czynniki polityczne<sup>43</sup>. Z metodycznego punktu widzenia skutki te zależą głównie od:

- uwzględnienia wszystkich (korzystnych i niekorzystnych) stanów otoczenia sił powietrznych, trafności ustalenia prawdopodobieństw możliwych zdarzeń (bezpośrednio związanych z wykonywaniem zadań przez siły powietrzne), prawdopodobieństwa te, ustalone przez dowódców i ekspertów, mogą mieć charakter obiektywny lub subiektywny (np. prognozy użytego potencjału bojowego, przewidywane rezultaty działań i związane z nimi koszty eksploatacji);
- zgodność planowanych działań z oczekiwanymi rezultatami;
- zgodność celów i elementów realizowanych zadań z przyjętą strategią i doktryną.

W procedurze ustalania optymalnej metody oceny ryzyka działania sił powietrznych duże znaczenie ma dostępność do rzetelnej informacji, a więc istotne są jej źródła i przepływy oraz wiarygodność. W analizie ryzyka zmierza się, bowiem do oszacowania rozkładu prawdopodobieństw wystąpienia niepewnych zdarzeń (wielkości wejściowych), które są istotne dla wyniku działania sił powietrznych.

<sup>43</sup> Wróblewski R., Wprowadzenie do strategii wojskowej, AON, Warszawa 1998.

Metody probabilistyczno-statystyczne są związane z rachunkiem prawdopodobieństwa (ustalaniem oczekiwanych wartości) i statystycznymi technikami pomiaru ryzyka, podstawowymi narzędziami tych metod są: rozkład normalny, wskaźniki prawdopodobieństwa występowania określonych zmiennych oraz wariancja i odchylenie standardowe i in.

W tej złożonej grupie metod istotne są formuły pomiaru ryzyka w warunkach niezależności zmiennych w czasie, a także w warunkach zależności zmiennych w czasie. W sytuacjach szczególnie skomplikowanych korzysta się z metody drzewa decyzyjnego<sup>44</sup>. Ponadto należy wymienić, metody symulacyjne dające możliwość zbadania wpływu wielu współzależnych zmiennych na efektywność działania sił powietrznych oraz możliwość symulacji ryzyka. W procedurze zastosowania tych metod, przy wykorzystaniu rachunku prawdopodobieństwa i technik statystycznych, ważne jest przede wszystkim ustalenie parametrów symulacji. Do zbioru metod przydatnych w szczególnie trudnych sytuacjach dobrze się wpisują metody badań operacyjnych, wśród których na uwagę zasługuje teoria gier. Uwzględnia ona różne kombinacje czynników niepewnych, wspomaga podejmowanie decyzji w ujęciu optymalizacyjnym. Teorię gier stosuje się w sytuacjach, gdy nie ma możliwości ustalenia prawdopodobieństw osiągnięcia danego efektu. Wynika to głównie z faktu, że decyzje o użyciu sił powietrznych mają charakter niepowtarzalny. W takich sytuacjach przy doborze wariantu działania sił powietrznych najkorzystniejszego spośród wszystkich możliwych charakteryzujących się niepewnością, mogą być używane dwie formuły: maksyminu i minimaksu. Drugą z nich wykorzystuje się do analizy macierzy strat niepewnych decyzji ryzykownych.

Stopień przydatności poszczególnych metod zależy od konkretnych oczekiwań dowódców i ich gotowości do podjęcia ryzyka w świetle czynników determinujących działanie sił powietrznych. Dotyczy to szczególnie metod wymienionych jako ostatnie.

Metody oceny ryzyka w rachunku efektywności działania sił powietrznych służą do rozpoznania rozmiarów i pomiaru ryzyka. Jednocześnie zastosowanie ich podnosi rangę powodzenia w osiągnięciu zakładanych celów. Wobec tego duże znaczenie ma identyfikacja kryterium wyboru metody i minimalizacji ryzyka.

---

<sup>44</sup> Sadowski W., Decyzje i prognozy, PWE, Warszawa 1981.

Inne powinno być postępowanie w warunkach skrajnie niekorzystnych tzn. w przypadku wariantów charakteryzujących się dużym prawdopodobieństwem wystąpienia różnych możliwych czynników niepewnych, które mogą być przyczyną niepowodzeń w realizacji zadań stojących przed siłami powietrznymi. W tej sytuacji niezależnie od zaproponowanych metod, powinna być zastosowana dodatkowo kolejna grupa metod oceny ryzyka.

Metody badań operacyjnych służą do rozwiązywania konkretnych sytuacji decyzyjnych, mających na celu podjęcie decyzji optymalnych<sup>45</sup>. Z metod tych korzysta się, gdy istnieje konieczność koordynacji dużej liczby czynników umożliwiających osiągnięcie określonego celu, przy założeniu optymalnego układu tych czynników. Wśród metod badań operacyjnych duże znaczenie ma teoria gier, której celem jest wybór optymalnych strategii działania<sup>46</sup> sił powietrznych. Dowódca, stosując zasady i metodykę teorii gier, podejmuje decyzje po poznaniu uwarunkowań realizacji zadań. Metoda ta umożliwia stosunkowo dokładne poznanie skutków poszczególnych wariantów decyzji. Wynika to z ustalenia i uwzględnienia różnych kombinacji czynników niepewnych wspomaga proces podejmowania decyzji, rozpatrywany w ujęciu optymalizacyjnym. Decyzje są podejmowane w warunkach pewności, ryzyka i niepewności. Jeżeli decyzje o działaniu sił powietrznych muszą być podejmowane w warunkach niepewności, to problem wyboru strategii działania nie może być opisywany za pomocą ani modelu deterministycznego, ani probabilistycznego, ale może być opisany za pomocą macierzy growej (tzn. modelu teorii gier). Dotyczy to szczególnie dowódców o orientacji na najmniej korzystne możliwości.

Z punktu widzenia analizy strategicznej działania sił powietrznych, która to analiza jest zbiorem procedur diagnozujących i oceniających przyszłość, można wyróżnić cztery grupy czynników efektywności realizowanych zadań. Są to czynniki<sup>47</sup>:

- pewne wewnętrzne jako mocne strony (atuty);
- niepewne wewnętrzne jako słabe strony działania sił powietrznych (słabości);

<sup>45</sup> Krawczyk., Metody ilościowe w planowaniu; Metody ilościowe w logistyce, C.H. Beck, Warszawa 2001.

<sup>46</sup> Straffin P.D. Teoria gier, SCHOLAR, Warszawa 2001.

<sup>47</sup> Por. Ostrowska E., Ryzyko projektów inwestycyjnych, PWE, Warszawa 2002, Sienkiewicz P. Analiza systemowa, Bellona, Warszawa 1994, Wróblewski R., Wprowadzenie do strategii wojskowej, AON, Warszawa 1998.

- pewne zewnętrzne jako szansę w otoczeniu;
- niepewne zewnętrzne jako zagrożenia w otoczeniu.

Omawiane czynniki wewnętrzne uwarunkowane są celowością (sprawnością, stopniem zorganizowania) realizacji zadań. Natomiast czynniki zewnętrzne są związane z szeroko rozumianym przeciwdziałaniem (przeciwnika i sił natury). Należy zaznaczyć, że w praktyce dowodzenia nie występują czynniki pewne *sensu stricto*, a więc trzeba je utożsamiać z czynnikami względnie pewnymi.

W celu weryfikacji podstawowych wariantów działania sił powietrznych pomocna jest macierz decyzyjna<sup>48</sup>. Macierz ta uwzględnia kombinacje czynników pewnych (względnie pewnych) i niepewnych, determinujących efektywność działania sił powietrznych, a zarazem umożliwia ich konfrontację.

W ujęciu teoretyczno-praktycznym dowódca może znaleźć się w czterech podstawowych sytuacjach (rysunek 5):

	<b>CZYNNIKI PEWNE WEWNĘTRZNE</b>	<b>CZYNNIKI NIEPEWNE WEWNĘTRZNE</b>
<b>CZYNNIKI PEWNE ZEWNĘTRZNE</b>	<b>STRATEGIA MAKSYMAKSU</b>	<b>STRATEGIA MAKSYMINU</b>
<b>CZYNNIKI NIEPEWNE ZEWNĘTRZNE</b>	<b>STRATEGIA MINIMAKSU</b>	<b>STRATEGIA MINIMINU</b>

Rysunek 5. Sytuacje decyzyjne decydenta sił powietrznych

Źródło: Opracowanie własne

1. Dowódca jest w najkorzystniejszej sytuacji, ponieważ atuty jego strategii działania mogą być wykorzystywane, gdy otoczenie stwarza szansę. Powinien on, zatem maksymalizować stopień wykorzystania tych atutów w sprzyjających warunkach otoczenia (strategia, maksymaksu).

<sup>48</sup> Koziół J., *Podjęmowanie decyzji o obronie powietrznej*, AON, Warszawa 1996, Koziół J., *Metodologiczne aspekty dowodzenia obroną powietrzną*, AON, Warszawa, 1994.

2. Dowódca jest w najgorszej sytuacji, ponieważ zagrożenia zewnętrzne są wzmocnione przez słabości wewnętrzne sił powietrznych. Należy minimalizować te słabości zagrożenia, czyli stosować strategię „miniminu”. Strategia ta w wersji pesymistycznej sprowadza się do zaniechania realizacji zadań, a w wersji optymistycznej do starania się o przetrwanie niekorzystnej sytuacji.

3. Szansę zewnętrzną są trudne do wykorzystania, ponieważ istnieją słabości samego planu realizacji zadań (również wskutek słabości sił powietrznych). Zastosowana strategia „maksyminu” powinna być ukierunkowana na minimalizację słabości w celu wykorzystania szans zewnętrznych.

4. Atuty planu działania, są narażone na zewnętrzne zagrożenia. Dowódca powinien zastosować strategię „maksymaksu”, czyli przeciwstawiać się przeciwdziałaniom, jakie stwarza mu otoczenie, w celu wykorzystania do maksimum swojego potencjału wewnętrznego.

Jak wynika z powyższych rozważań, analiza strategiczna działania sił powietrznych powinna być wstępem do zastosowania teorii gier, jako metody oceny ryzyka działania sił powietrznych. Metoda ta jest zorientowana głównie na najmniej korzystne warunki, a więc istnieje potrzeba prezentacji podstawowych zasad i kryteriów stosowanych w procesie podejmowania decyzji<sup>49</sup>. W podejmowaniu decyzji mogą być użyteczne następujące kryteria:

- **kryterium racjonalistyczne** wynikające z zasady równych prawdopodobieństw P. Laplace'a (również Bernoulliego); według tej zasady wybiera się wariant, którego wynik (skutek) charakteryzuje się najwyższą wartością średnią, będącą iloczynem wartości użyteczności dowódcy (decydenta) i prawdopodobieństwa wystąpienia sytuacji korzystnej, neutralnej lub niekorzystnej (prawdopodobieństwa te są równe, gdy nie są znane);
- **kryterium maksymaksu** związane z zasadą optymistyczną L. Hurwicza; według tej zasady (najkorzystniejsze z optymistycznych) wybiera się wariant, którego wynik (skutek) jest najbardziej wartościowy w sytuacji najbardziej sprzyjającej;

---

<sup>49</sup>Por. Krzakiewicz K., *Podejmowanie decyzji kierowniczych*, AE, Poznań 1993., Ostrowska E., *Ryzyko projektów inwestycyjnych*, PWE, Warszawa 2002, Sienkiewicz P. *Analiza systemowa*, Bellona, Warszawa 1994, Szaniawski K., *O nauce, rozumowaniu i wartościach*, PWN, Warszawa 1994., Wróblewski R., *Wprowadzenie do strategii wojskowej*, AON, Warszawa 1998.

- **kryterium maksimumu** wynikające z zasady pesymistycznej A. Walda; według tej zasady wybiera się wariant, którego skutek (wynik) jest najkorzystniejszy spośród najbardziej niekorzystnych;
- **kryterium minimumu** związane z zasadą rozczarowania L. Savage'a; według tej zasady odczuwania straty wybiera się wariant, przy którego realizacji maksymalne możliwe rozczarowanie jest najmniejsze; to rozczarowanie jest różnicą między wynikiem maksymalnie możliwym do uzyskania a wynikami możliwymi do uzyskania przez każdy z pozostałych wariantów.

W procesie podejmowania decyzji o użyciu sił powietrznych w warunkach niepewności o orientacji na najgorsze możliwości, znajduje zastosowanie – spośród wymienionych kryteriów oceny – kryterium pesymistyczne (maksimum) i kryterium rozczarowania (minimum).

Istotne jest więc modelowanie preferencji w zakresie niepewności (ryzyka) względem korzyści wynikających z realizacji zadań sił powietrznych. Elementami tego modelowania są:

- identyfikacja źródeł i rodzajów niepewności i ryzyka;
- implementacja niepewności oraz ryzyka i ich skutków;
- ograniczanie niepewności (ryzyka) w działaniu sił powietrznych.

Teoria gier w podejmowaniu decyzji o użyciu sił powietrznych może być stosowana w warunkach krańcowo niekorzystnych. Zidentyfikowanie takich skrajnie niekorzystnych warunków jest trudne i stanowi wstęp do opracowania podstawowych scenariuszy działania sił powietrznych. Szczególne znaczenie mają scenariusze o charakterze pesymistycznym, czyli strategię działania o orientacji na najgorsze warunki. Zasady maksimumu i minimumu są bardzo użyteczne przy ocenie ryzyka działania sił powietrznych przez decydenta znającego czynniki niepewności. Zastosowanie tych zasad w teorii gier może stanowić podstawę do podejmowania decyzji według strategii maksimumu i minimumu.

Sposób postępowania przy stosowaniu zasad i metod wynikającej z teorii gier:

1. Obliczenie wskaźników efektywności (użyteczności dowódcy) dla wszystkich analizowanych wariantów decyzji o użyciu sił powietrznych, przy założeniu, że wariantom tym można przypisać scenariusze decyzyjne różniące się wszystkimi

możliwymi kombinacjami czynników niepewnych (scenariusze alternatywne)<sup>50</sup>.

2. Każdy wariant decyzji o użyciu sił powietrznych ( $W_1, \dots, W_n$ ) ma dwa lub więcej scenariuszy, np. wariant  $W_1$  ma scenariusze  $S_1, \dots, S_m$ . Każdy scenariusz, utożsamiany z inną kombinacją czynników niepewnych, charakteryzuje się określoną efektywnością (użytecznością)  $S_{e1}, \dots, S_{em}$ .

3. Przyjmuje się *a priori*, że trudno jest jednoznacznie ustalić, które ze scenariuszy decyzyjnych *sensu stricto* są optymistyczne, a które pesymistyczne. Wynika to stąd, że dany scenariusz może być optymistyczny w świetle danego wariantu, a pesymistyczny — w świetle innego.

4. Opracowanie decyzji o użyciu sił powietrznych według formuły maksimumu i minimumu.

---

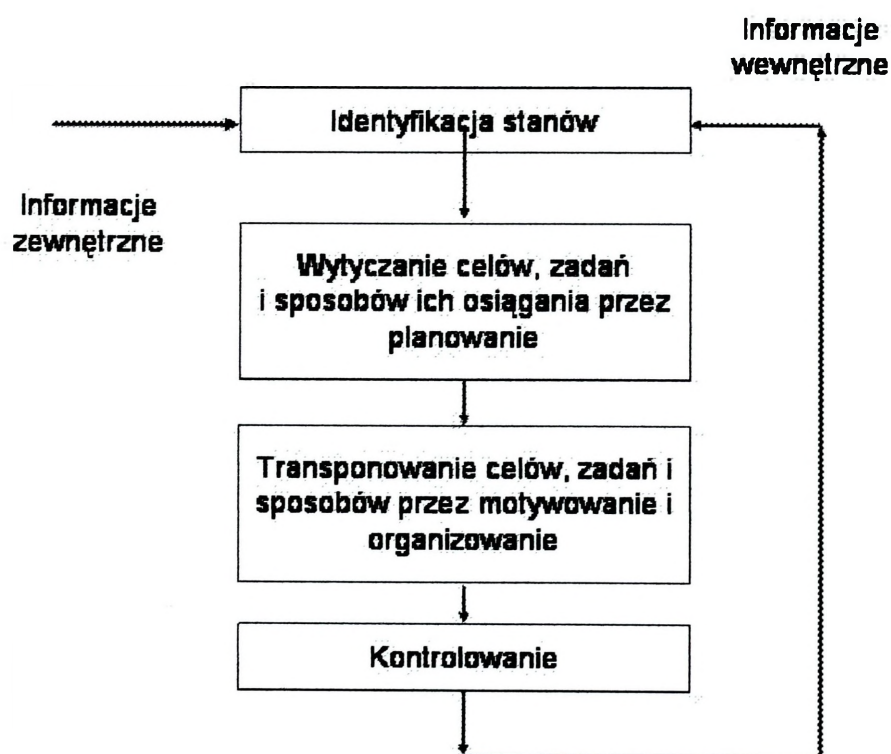
<sup>50</sup> Por. Flanek Cz., Kozioł J., Kryteria i metody oceny efektywności systemów OP, AON, Warszawa 2000. Kozioł J., Podejmowanie decyzji o obronie powietrznej, AON, Warszawa 1996, Kozioł J., Gry decyzyjne w teorii i praktyce dowodzenia, AON, Warszawa, 2001 Makowski P., Prospektywna ocena efektywności lotnictwa uderzeniowego w walce o przewagę w powietrzu. AON, Warszawa 2001.

## 2. DOWODZENIE W SIŁACH POWIETRZNYCH

### 2.1 Procesy regulacyjne w siłach powietrznych

Realizowane w siłach powietrznych procesy są rezultatem świadomej i podlegającej kierowaniu działalności ludzkiej. Uczestnicy tych procesów wykonują zróżnicowane pod względem funkcjonalnym czynności koncepcyjno-rozkazodawcze i wykonawcze, które tworzą odpowiednio dwie sfery: koncepcyjno-rozkazodawczą i wykonawczą<sup>51</sup>. W literaturze przyjęto określać funkcje i procesy właściwe dla sfery koncepcyjno-rozkazodawczej mianem regulacyjnych, a dla sfery wykonawczej — mianem realnych.

Procesy regulacyjne są oddziaływaniem normującym i rozkazodawczym, zachodzą w układzie uzależnienia organizacyjnego wykonawstwa od dowództwa sił powietrznych (kierownictwa)<sup>52</sup>.



Rysunek 6. Proces regulacji

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Gościński J., *Zarys sterowania ekonomicznego PWE* Warszawa 1992

W nauce o zarządzaniu wykształcił się, powszechnie akceptowany, zbiór funkcji zarządzania planowania, motywowania, organizowania i kontroli (tabela

<sup>51</sup> Antczak S., Koziół J., *Podstawy teorii dowodzenia siłami powietrznymi*, AON, Warszawa 1998

<sup>52</sup> Zabłocki E., *Sytemowe i strukturalne uwarunkowania zastosowania bojowego sił powietrznych*, AON, Warszawa 2000

3). Najogólniej określając, obiektem oddziaływania sfery regulacji jest sfera realna. W sferze realnej spełniane są funkcje i procesy realne: przygotowawcze, zasileniowe, odnawiania, przekształcania i przechowywania zasobów<sup>53</sup>.

Wszelkie jednak podziały procesów realizowanych w siłach powietrznych na sfery i funkcje mają charakter umowny, w rzeczywistości, bowiem nie ma funkcji wyłącznie regulacyjnych bądź realnych. Struktura dowodzenia siłami powietrznymi jest złożona, wielostopniowa, a funkcje regulacyjne i realne przenikają się wzajemnie. Powoduje to, że nie wszystkim rodzajom funkcji regulacyjnych i wykonawczych przyporządkować można ściśle określone miejsce w strukturze hierarchicznej. Można natomiast wyróżnić pewne organiczne obszary funkcjonalne.

Tabela 1. Funkcje zarządzania siłami powietrznymi

Wyszczególnienie	Planowanie	Motywowanie	Organizowanie	Kontrolowanie
Określenie funkcji	Opracowanie i modyfikowanie planu działania sił powietrznych	Zapewnienie kadr - Generowanie motywatorów pobudzających do działań pożądaných	Formowanie struktury sił powietrznych przez dobór zasobów, procesów i informacji wspomagającej osiągnięcie celów postulowanych w planie działania sił powietrznych	Dostarczanie pełnych i obiektywnych informacji o stopniu odpowiedności między informacją modelującą zachowanie sił powietrznych a informacją o ich rzeczywistym stanie
Określenie niektórych czynności realizowanych w ramach funkcji	Identyfikowanie stanów Określenie i wybór celów planu działania sił powietrznych; Określenie i wybór sposobów zapewniających osiągnięcie celów sił powietrznych; Opracowanie założeń stanowiących podstawę formułowania celów działania sił powietrznych; Opracowanie systemu ocen.	Analiza celowości stosowania motywatorów; Wybór motywatorów; Sformułowanie decyzji o uruchomieniu motywatorów.	Opracowanie, modyfikowanie i przesyłanie struktur organizacyjnych, praw i obowiązków, nadzoru i kontroli informacji i przetwarzania danych o stanie sił powietrznych	Interpretacja odchyteń

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Krzakiewicz K., *Podstawy organizacji i zarządzania*, AE, Poznań 1994

Planowanie działalności sił powietrznych dotyczy czynności wyznaczania tego, co mają one do zrobienia i jak to powinny zrobić, aby osiągnąć zakładane cele. Krócej: jest to proces podejmowania decyzji na temat przyszłych ich struktur, wyposażenia i działań.

<sup>53</sup> Krzakiewicz K., *Podstawy organizacji i zarządzania*, AE, Poznań 1994

Organizowanie - to czynności polegające na łączeniu osobowych i rzeczowych składników funkcjonowania sił powietrznych (ich elementów), a także zorganizowanych już działań w systemy bardziej złożone.

Motywowanie - to czynności związane ze zdobywaniem i szkoleniem kadr oraz stworzeniem odpowiednich warunków do ich rozmieszczenia i funkcjonowania to także generowanie motywatorów pobudzających do działań pożądaných. Kierowanie bieżące – obejmuje natomiast czynności związane z podejmowaniem cząstkowych decyzji i przekształcaniem ich w instrukcje szczegółowe lub ogólne, a także motywowanie i komunikowanie uczestników procesu dowodzenia (kierowania).

Decydowanie - to czynności dotyczące podejmowania decyzji. W ramach funkcji cząstkowych zawiera się w nim cały cykl podejmowania decyzji, przeto wydzielenie funkcji (zadania) decydowania jako samodzielnego działania kierowniczego traci sens.

Koordynowanie - to łączenie różnych elementów (czynności) w procesie dowodzenia (kierowania). Ma ono miejsce w ramach każdej funkcji cząstkowej i dlatego (podobnie jak decydowanie) należy do metafunkcji<sup>54</sup>.

Kontrolowanie - to czynności porównawcze. Porównanie wykonania czynności (jej rezultatów) z wzorcem i wyciągnięcie wniosków z tego porównania na przyszłość.

W praktyce dowodzenia siłami powietrznymi czynności porównawcze przeplatają się z innymi, począwszy już od planowania, kończąc na kierowaniu bieżącym w sposób następujący:

- wnioski z kontroli kończącej jakiś cykl działania są punktem wyjścia do kolejnego planowania;
- na każdym etapie dowodzenia dokonuje się kontroli osiaganych wyników cząstkowych.

Z tego powodu w pojęciu kontrola nie należy dostrzegać tylko kontroli „końcowej”, pomijając kontrolę „bieżącą”, czyli tzw. nadzór.

Dowodzenie siłami powietrznymi nie jest czynnością jednorazową, ale procesem ciągłym. Ogólne jego ukierunkowanie wyływa z podstawowych celów polityki obronnej i doktryny wojskowej państwa. Wiąże się ono z ustaleniem ogólnych ram dla zasadniczych decyzji państwa w dziedzinie obronnej w tym w

<sup>54</sup> Wróblewski R., *Wprowadzenie do strategii wojskowej*, op.cit.

wymiarze powietrznym i jest podstawą decyzji ukierunkowujących codzienne działanie sił powietrznych.

Siły Powietrzne rozważane jako system nie mają wyraźnie i sztywno ustalonych granic. Granice te wyznaczają w zasadzie obszary funkcjonalne, wymieniające zasilenia materiałowe i energetyczne oraz informacje z otoczeniem, w którym funkcjonują inne systemy. Wymiana ta umożliwia siłom powietrznym regulację wewnętrzną, tj. eliminowanie skutków zakłóceń wewnątrz systemu, oraz regulację zewnętrzną: oddziaływanie na otoczenie, czyli na źródła powstawania zakłóceń<sup>55</sup>. Obszary funkcjonalne sił powietrznych realizują różne cele i różnią się między sobą stopniem otwartości względem otoczenia zewnętrznego. Prawidłowe funkcjonowanie sił powietrznych zależy od stopnia integracji działalności ich obszarów funkcjonalnych, uzyskanego w procesie regulacji wewnętrznej i zewnętrznej. Ostatecznym odzwierciedleniem skuteczności tej integracji jest stopień, w jakim zachowują one podstawowe funkcje systemu:

- 1) zdolność do formułowania i osiągania zamierzonych celów,
- 2) zdolność do stabilizacji poprzez tworzenie struktur,
- 3) zdolność przystosowawczą do otoczenia,
- 4) zdolność do stosowania wielowariantowych sposobów wykorzystywania zasobów,
- 5) sterowalność<sup>56</sup>.

Typowym przykładem takiego systemowego rozwiązania są tworzone siły zadaniowe Z reguły siły zadaniowe (combined joint task forces - CJTF) są organizowane z uwzględnieniem ich funkcjonalności. Zazwyczaj komponent zadaniowy składa się z oddziałów reprezentujących siły dwu lub więcej rodzajów sił zbrojnych, dwu lub większej ilości państw z ich podobnymi lub porównywalnymi możliwościami. W sytuacji, gdy siły zadaniowe będą posiadały siły powietrzne w dwu lub więcej rodzajach sił zbrojnych lub narodowych komponentach ważne jest, aby dowódca komponentu powietrznego (combined joint force air component commander - CJFACC) był wyznaczony do pełnienia funkcji dowodzenia i integracji całości tych sił.

<sup>55</sup> Kutiata R., Zdrodowski B., *Teoria obrony powietrznej* op.cit.

<sup>56</sup> Gościński J., *Zarys sterowania ekonomicznego PWE* Warszawa 1992 s.68-72

Wówczas to on jest odpowiedzialny za integrację sił powietrznych prowadzącą do skutecznego zrealizowania koncepcji działań dowódcy sił zadaniowych. Zarządzanie taktyczne (tactical control - TACON) powinno stanowić minimum uprawnień w stosunku do podległych sił. Ponadto dowódca komponentu powietrznego powinien koordynować całą działalnością sił powietrznych w wyznaczonym rejonie działań (joint operation area - JOA) poprzez opracowywanie i realizowanie rozkazu do działań powietrznych (air tasking order - ATO). Oczywiście do wykonywania swoich zadań dowódca ten będzie potrzebował odpowiedniego stanowiska dowodzenia z odpowiednio wyszkolonym sztabem, - wsparciem administracyjnym oraz odpowiednimi możliwościami systemu dowodzenia szczególnie w zakresie realizacji takich funkcji jak: planowanie, stawianie zadań i koordynowanie. Na stanowisku dowodzenia powinni znajdować się także oficerowie łącznikowi z dowództwa sił zadaniowych (CJTF), oraz w razie potrzeby z organizacji rządowych i pozarządowych. Zazwyczaj dowódca komponentu powietrznego będzie wspieranym (supported) w takich połączonych działaniach powietrznych jak: walka o przewagę w powietrzu i powietrzne działania strategiczne. Natomiast jako wspierający (supporting) w bezpośrednim wsparciu lotniczym (close air support - CAS) oraz taktycznym wsparciu działań sił morskich (tactical support to maritime operations -TASMO). Obowiązki dowódcy komponentu powietrznego są określane przez dowódcę sił zadaniowych.

Oczywiste jest, że bazują one na koncepcji działań dowódcy sił zadaniowych i decyzji dotyczącej podziału wysiłku. Dowództwo komponentu powietrznego może odpowiadać za: opracowanie planu użycia sił powietrznych; w przypadku delegowania takich uprawnień również ustalanie priorytetów w zakresie nominowania celów ze wszystkich komponentów i opracowywanie listy celów nominowanych (target nomination list - TNL) oraz opracowanie połączonej zintegrowanej listy celów priorytetowych (joint integrated prioritised target list - JIPTL) dowódcy sił zadaniowych; rekomendowanie podziału wysiłku sił powietrznych dowódcy sił zadaniowych; prowadzenie scentralizowanego planowania i kierowania w zakresie wydzielenia sił powietrznych i stawiania im zadań na podstawie decyzji dowódcy sił zadaniowych dotyczącej podziału wysiłku; koordynowanie i kontrolowanie realizacji połączonych działań powietrznych w połączonym obszarze działań

poprzez wysyłanie i realizowanie rozkazu ATO; pełnienie roli dowódcy obrony powietrznej (Air Defence Commander) oraz posiadanie uprawnień do kontroli przestrzeni powietrznej; integrowanie obrony przeciwrakietowej na teatrze działań zarówno podczas powietrznych działań ofensywnych jak i defensywnych; zapewnienie oceny zagrożeń powietrznych w całym obszarze zainteresowania; prowadzenie rozpoznania powietrznego; dokonywanie oceny i meldowanie o wynikach połączonych działań powietrznych oraz zapewnienie dowodzenia od początkowej fazy działań do zakończenia kampanii.

Skład dowództwa komponentu powietrznego zależy od rodzaju i zakresu misji sił zadaniowych. Poza tym istnieją inne czynniki, które wpływają na strukturę tego dowództwa. Należą do nich: rodzaj misji, rodzaje i skład wydzielonych sił, tempo działań, wymagane możliwości w zakresie stawiania zadań, rozmieszczenie stanowiska dowodzenia tzn. czy bazuje ono na stanowisku dowodzenia siłami lądowymi czy morskimi i czy jest częścią stanowiska dowodzenia siłami zadaniowymi. Struktura ta w zależności od charakteru realizowanych zadań może się zmieniać tworząc sztab centrum działań powietrznych (air operations centre - AOC).

Organy dowodzenia sojuszniczego komponentu sił powietrznych (CJFACC) są tworzone na bazie macierzystych stanowisk dowodzenia siłami powietrznymi. Mają swój etat i załóżki (nucleus staff) sztabu istniejące w ich pokojowej strukturze. W czasie kryzysu załóżki te wzmacniane są przez macierzyste dowództwo tworząc w ten sposób rdzeń dowództwa komponentu powietrznego. Jego rolą jest stwarzanie warunków do planowania operacyjnego oraz podejmowania wstępnych działań. Stanowi on element zdolny do realizacji wszystkich podstawowych funkcji dowodzenia w ograniczonym czasie. Dalsze wzmacnianie dowództwa komponentu powoduje, że staje się ono (CJFACC) w pełni funkcjonującym stanowiskiem dowodzenia.

Czynnościom regulacyjnym nadaje się w literaturze różną interpretację. Wiele kontrowersyjnych poglądów utrzymuje się szczególnie na temat planowania<sup>57</sup>. Dotyczą one głównie tego, czy ustalanie celów, zwłaszcza

---

<sup>57</sup> Chojnicki M. Dowodzenie siłami powietrznymi na szczeblu taktycznym AON Warszawa 2003; Kuriata R., Planowanie użycia sił powietrznych – Poradnik metodyczny AON Warszawa 2004; Zabłocki E. Współczesne siły powietrzne AON Warszawa 2002.

strategicznych, jest elementem składowym planowania.

Roli planowania rozwoju sił powietrznych nie sposób rozważać w oderwaniu od funkcji, jakie pełni ono w procesach regulacji.

W znaczeniu cybernetycznym procesy regulacyjne realizowane w siłach powietrznych są tym przypadkiem sterowania (tj. wpływania na dowolne zjawisko), w którym występuje sprzężenie zwrotne między układem sterującym a obiektem sterowania, zwanym też obiektem regulacji. Szczególną rolę w tych procesach spełnia regulator, który tak oddziałuje na obiekt regulacji, aby doprowadzić stan rzeczywisty tego obiektu do stanu zadanego przez układ sterujący<sup>58</sup>. W pewnym uproszczeniu można przyjąć, że w siłach powietrznych działalności układu sterującego odpowiada planowanie, natomiast funkcjonowaniu regulatora - organizowanie, kierowanie ludźmi i motywowanie ich do działań zgodnych z planem oraz kontrola realizacji tych działań.

W systemie planowania w siłach powietrznych podobnie jak w innych systemach działania, wyróżnia się na ogół dwa podsystemy funkcjonalne, których działalność polega na opracowaniu i wyborze:

- 1) celów planu,
- 2) sposobów zapewniających osiągnięcie wyznaczonych celów.

Jeśli przyjąć, że w obrębie obydwu tych podsystemów muszą istnieć warunki zapewniające dostęp do informacji zarówno przebiegu procesów regulacyjnych i realnych wewnątrz sił powietrznych, jak i o ich przystosowaniu do zmieniających się warunków otoczenia, to można zauważyć, że przedstawiony podział funkcjonalny jest niepełny. Podział ten przede wszystkim nie uwidacznia odmiennej roli informacji prospektywnych i retrospektywnych w planowaniu oraz różnicy między informacją o jakości planu a informacją o jego realizacji<sup>59</sup>.

Informacja o realizacji planu ma istotne znaczenie dla regulatora. W przypadku odchylenia między planem a rzeczywistym przebiegiem zdarzeń, regulator podejmuje różnorodne działania korygujące.

Informacja o jakości planu odzwierciedla skuteczność procesów regulacji, ściślej - zalety bądź wady planów.

---

<sup>58</sup> Paszkowski S., *Podstawy teorii sterowania*, WAT, Warszawa 1996 s.84

<sup>59</sup> Zgodnie z zasadami podejścia systemowego planowanie w siłach powietrznych rozpatrywać można jako system funkcjonalny sił powietrznych bądź jako system względnie odosobniony. O skuteczności planowania jako systemu funkcjonalnego sił powietrznych decyduje kryterium stopnia realizacji planu, natomiast o skuteczności planowania jako systemu względnie odosobnionego decyduje kryterium jakości planu.

Niewielkie, odcinkowe zakłócenia pracy regulatora przewyższane są przez system planowania w ramach standardowych procedur planowania i posiadanych informacji o możliwościach zmiany sposobów działania (np. wykorzystanie rezerw). Systematycznie powtarzające się informacje o nieskuteczności procesów regulacji powodują konieczność zmiany sposobu funkcjonowania sił powietrznych. Opracowanie tych zmian należy do planowania, wymaga jednak zwykle generowania nowych zbiorów informacji.

W siłach powietrznych musi istnieć dobrze zorganizowany system informacji. W swoim systemie informacji muszą one posiadać dane o:

- światowych tendencjach w polityce, nauce i technice;
- demografii i ekologii;
- uzbrojeniu i placówkach naukowo-badawczych;
- postępie technicznym w branży lotniczej, przeciwlotniczej i przemyśle wojskowym;
- technologii, organizacji pracy i źródłach energii;
- sytuacji sił powietrznych w innych krajach, własnych zamierzeniach strategicznych, przebiegu wdrażania strategii;
- punktach „krytycznych”;
- własnych środkach i zasobach;
- mocnych i słabych stronach własnego działania.

Na informacyjny aspekt funkcji planowania składają się nie tylko czynności wyznaczania celów i sposobów ich osiągania, ale też umiejętności oceny i wyboru modeli oraz procedur umożliwiających ich określanie, a więc także przygotowania warunków do świadomego antycypowania zmieniających się potrzeb i żądań otoczenia. Przygotowanie tych warunków stawia przed systemem planowania wymagania takiego kształtowania wzorców dla urzeczywistniania procesu dowodzenia, które wzbogacałyby wiedzę planistów dokonujących wyboru i oceny celów oraz sposobów działania sił powietrznych. Jest to m.in. możliwe wówczas, gdy w procesie zdobywania, gromadzenia i przetwarzania informacji na potrzeby planowania zachowane będą właściwe proporcje między informacją retrospektywną i prospektywną oraz zewnętrzną i wewnętrzną.

Interpretacja roli, jaką odgrywa planowanie w procesie dowodzenia siłami

powietrznymi, jest możliwa wówczas, gdy uwzględną się aspekty informacyjne i regulacyjne funkcji planowania. Rolę tę rozpatrywać trzeba z uwzględnieniem następujących okoliczności:

- regulator pełni swoje funkcje na podstawie planów,
- siły powietrzne są systemem złożonym o budowie hierarchicznej, w którym regulacja ma charakter wielofazowy i wielostopniowy<sup>60</sup>.

Wśród faz regulacji wyróżnić można kontemplacyjną, interpretacyjną i dynamiczną<sup>61</sup>. Planowanie występuje we wszystkich fazach regulacji, przy czym można rozpatrywać trzy jego aspekty: regulacyjny, informacyjny i metainformacyjny (tabela 2).

Tabela 2. Fazy regulacji w siłach powietrznych

Fazy regulacji	Czynności regulacyjne
Kontemplacyjna	Planowanie. Identyfikowanie stanów tj. określenie sytuacji, problemu i sytuacji problemowej, przez postrzeganie, rejestrowanie, gromadzenie i przetwarzanie danych w celu ustalenia tego „co jest” i „powinno być” oraz modelowanie. Określenie i wybór celów planu tj. sformułowanie sytuacji problemowej w kategoriach zadania (zadania bojowego) – „czy możliwe jest to,co powinno być”
Interpretacyjna	Określenie i wybór sposobów osiągnięcia celów tj. rozwiązania postawionych zadań w kategoriach wariantów decyzji tj „jak uczynić to, co jest możliwe”
Dynamiczna	Motywowanie, Organizowanie, Kontrolowanie, Weryfikacja wzorów dla regulacji

Zródło: Opracowanie własne na podstawie: Gościński J., Zarys sterowania ekonomicznego PWE Warszawa1992

W kontemplacyjnej fazie regulacji czynności i zabiegi planistyczne polegają głównie na identyfikacji stanów, tj, opisie, klasyfikacji i wyjaśnianiu tych fragmentów rzeczywistości sił powietrznych i ich otoczenia, które wpływają bądź w przyszłości mogłyby oddziaływać na proces tworzenia celów albo też powodować konieczność zmiany celów już wytyczonych. Tworzywem czynności planistycznych są w tej fazie informacje wewnętrzne i zewnętrzne oraz retrospektywne, bieżące i prospektywne. Informacje te stanowią podłoże dla opracowywania wzorców („powinno być”), wykorzystywanych następnie w procesie określania i wyboru celów działania.

Faza interpretacyjna regulacji obejmuje określanie sposobów osiągnięcia celów, tj. wielowariantowej sieci wzajemnie powiązanych procesów, których realizacja ma spowodować osiągnięcie celu. W fazie tej dokonuje się także

<sup>60</sup> Kutiała R., Zdrodowski B., *Teoria obrony powietrznej*, op.cit.

<sup>61</sup> Gościński J., *Zarys sterowania ekonomicznego PWE Warszawa1992*

wyboru wariantu uznanego za najbardziej pożądany.

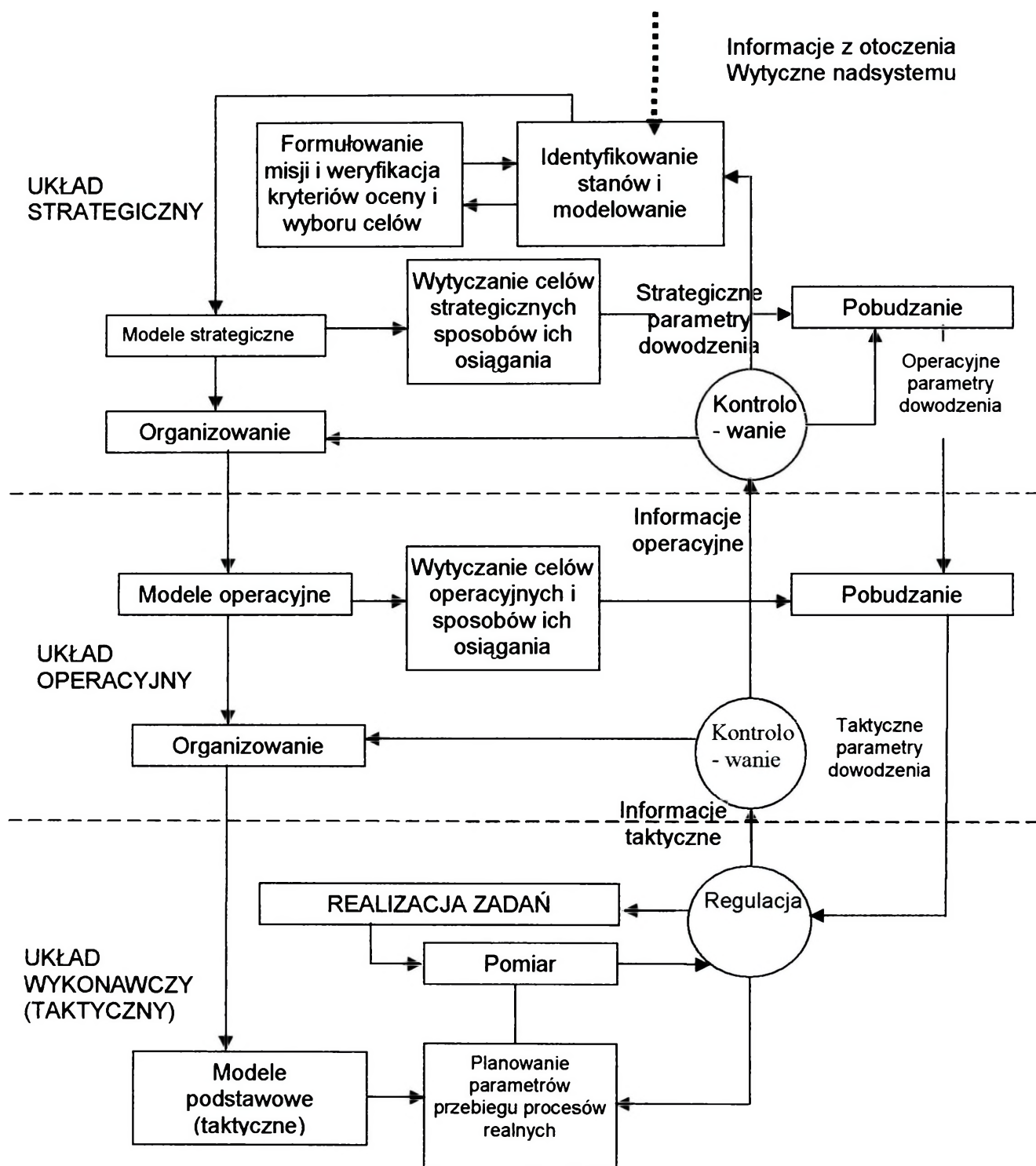
W dynamicznej fazie regulacji wiąże się bezpośrednio cele i urzeczywistniające je działania, głównie przez motywowanie i organizowanie działań oraz kontrolowanie stopnia zgodności wykonania działań z planowanymi parametrami. Odrębną klasę czynności planistycznych, których rezultaty kształtują proces ewolucji sił powietrznych, stanowią w tej fazie regulacji czynności weryfikujące wzorce (kryteria) formułowania celów działania. Weryfikacja, która powinna być prowadzona głównie w aspekcie społecznej słuszności planowanych celów i działań, uruchamia szczególnego rodzaju decyzje, a mianowicie decyzje wprowadzające zmiany. Wprawdzie decyzja jako akt nielosowego, znaczącego wyboru nadaje każdemu działaniu aspekt dynamiczny, jednakże decyzja weryfikująca kryteria, które stanowiły podstawę formułowania celów, jest kluczowym ogniwem łańcucha regulacji. Zmiana kryteriów powoduje, bowiem zmiany we wszystkich fazach regulacji, zmienia też parametry dowodzenia i przebiegu procesów realnych na wszystkich stopniach procesu regulacji w siłach powietrznych. Ten szczególny rodzaj czynności, odzwierciedlający metainformacyjny aspekt funkcji planowania i usytuowany na najwyższym stopniu procesu regulacji w siłach powietrznych, wiąże się z określeniem roli planowania rozwoju w wielostopniowym systemie regulacji<sup>62</sup>.

Wielostopniowy system dowodzenia, a zatem i system planowania, jest odzwierciedleniem wieloszczeblowej, hierarchicznej struktury organizacyjnej sił powietrznych ukształtowanej jako sieć pionowych i poziomych powiązanych z sobą obwodów regulacji. Obwody regulacji na tych samych poziomach, tj. szczeblach struktury organizacyjnej sił powietrznych, należą do tych samych układów funkcjonalnych kierowania (dowodzenia), tj. strategicznego, operacyjnego bądź taktycznego. Obwody regulacji na różnych szczeblach struktury powiązane są ze sobą stosunkiem uzależnienia organizacyjnego wykonawstwa od kierownictwa. Cechami uporządkowania hierarchicznego są<sup>63</sup>:

- pionowe uporządkowanie układów tworzących system,
- priorytet działania lub prawo do interwencji układów wyższych stopni,
- zależność układów wyższych stopni od rezultatów osiągniętych przez układy stopni niższych.

<sup>62</sup> Kozioł J., *Podjęmowanie decyzji o obronie powietrznej*, AON, Warszawa 1996

<sup>63</sup> Gościński J., *Zarys sterowania ekonomicznego PWE* Warszawa 1992



Rysunek 7. Wielostopniowy system dowodzenia w siłach powietrznych

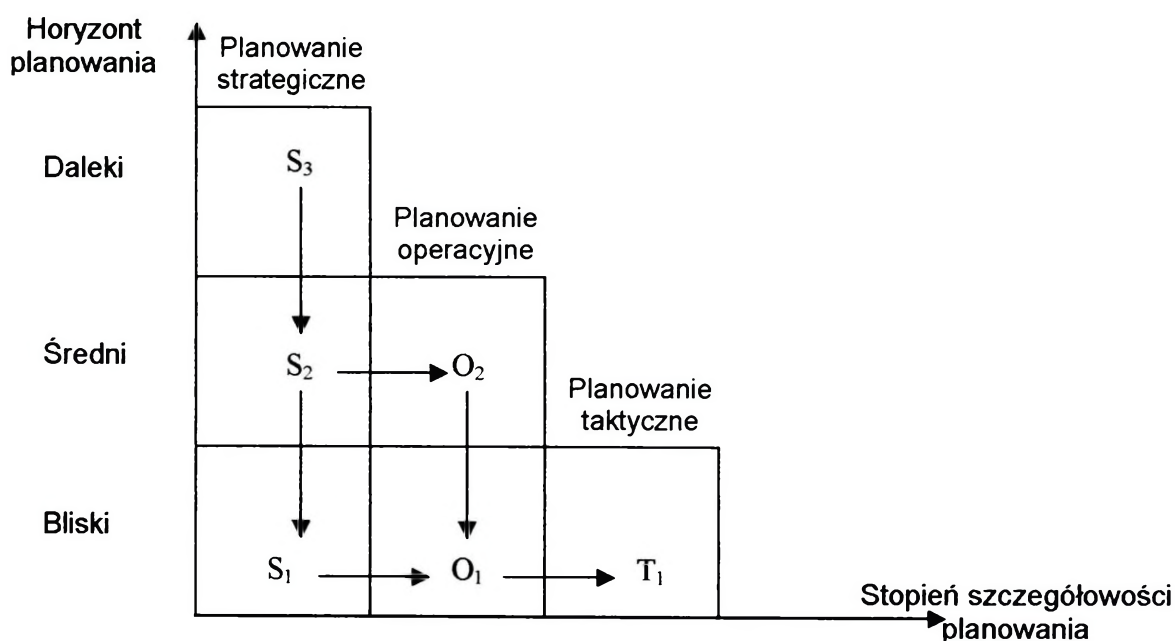
Źródło: Opracowanie własne na podstawie Gościński J., Zarys sterowania ekonomicznego PWE Warszawa 1992

Układem regulacji na poziomie taktycznym (rysunek 7) jest układ wykonawczy, którego cel i funkcje są w zasadzie stałe: realizacja określonej klasy zadań. Zmieniają się natomiast parametry spełniania funkcji (np. głębokość zadań, rozmach itp.), a wraz z tym pozostałe parametry dowodzenia (zarządzania) ludźmi i przebiegu procesów realnych (np. stan zapasów, struktura

zapasów). Decyzje o zmianie parametrów dowodzenia podejmuje, (czyli interweniuje) układ-koordynacyjny – szczebel operacyjny. Podstawę do podejmowania tych decyzji stanowią parametry przesyłane do szczebla operacyjnego ze szczebla strategicznego oraz informacje (sprzężenie zwrotne) otrzymywane z poziomu szczebla taktycznego (np. o nieskuteczności regulacji w jego obrębie).

Najmniej poznane są prawa rządzące na poziomie strategicznym. Wiadomo tylko, że w strukturze organizacyjnej systemu wojskowego (militarnego) działalności tego układu odpowiada działalność naczelnego dowództwa, komórek planowania strategicznego.

Odpowiednikiem wielostopniowego systemu regulacji w siłach powietrznych jest wielostopniowy system planowania, którego poszczególne stopnie różnią się między sobą nie tylko horyzontem opracowywanych planów i stopniem ich szczegółowości (rysunek 8), ale także znaczeniem i rodzajem informacji, modeli oraz procedur służących ich sporządzaniu<sup>64</sup>.



Rysunek 8. Rodzaje planowania w siłach powietrznych

Źródło: Opracowanie własne

<sup>64</sup> Michalak W., *Zarys zarządzania strategicznego w siłach powietrznych*, AON Warszawa 2002; Zabłocki E. *Współczesne siły powietrzne* AON Warszawa 2002; Chojnicki M. *Dowodzenie siłami powietrznymi na szczeblu taktycznym* AON Warszawa 2003; Kuriata R., *Planowanie użycia sił powietrznych – Poradnik metodyczny* AON Warszawa 2004.

Planowanie strategiczne znajduje się na najwyższym poziomie w hierarchicznym systemie planowania. Do jego funkcji i zadań należą: wyznaczanie bądź weryfikowanie misji rozwojowej sił powietrznych i określanie na jej podstawie celów finalnych. Wynika stąd, że cele finalne nie tylko przyjmują postać celów działania oraz są przekładnią oświadczeń woli i zamierzeń dowództwa sił powietrznych, ale odgrywają również rolę wzorca normującego pozostałe rodzaje planowania.

Wyznaczanie misji działania uwzględniać musi potrzebę sukcesywnego dostosowywania się sił powietrznych do zmian warunków funkcjonowania. W wielostopniowej strukturze systemu planowania aspekt ten właściwy jest planowaniu, w którym kluczowe znaczenie mają informacje i analizy rozpoznawcze - prospektywne, umożliwiające antycypowanie zmian czynników wpływających na sposób funkcjonowania sił powietrznych w otoczeniu. Metainformacyjny aspekt planowania wyraża się w sukcesywnym procesie weryfikacji kryteriów wyboru oraz oceny kierunku (misji) i celów, a także odzwierciedla ostatecznie zdolność sił powietrznych do nabywania cech systemu „samouczącego się”<sup>65</sup>.

Informacyjne i regulacyjne właściwości są charakterystyczne, choć w różnym stopniu i zakresie dla wszystkich rodzajów planowania. Metainformacyjny aspekt funkcji planowania jest natomiast właściwy jedynie dla strategicznego układu regulacji, jako najwyższego poziomu planowania w siłach powietrznych. Aspekt ten wyznacza cechy zasadniczo odmienne od innych rodzajów planowania. W porównaniu z nim układ taktyczny jest relatywnie bardziej zamknięty. Zadaniem układu strategicznego jest właśnie łagodzenie - przez wielostopniowy proces regulacji zakłócającego wpływu otoczenia na funkcjonowanie układu taktycznego.

## **2.2 Strategie dowodzenia siłami powietrznymi**

Poszukując odpowiedzi na pytanie, w czym tkwi istota dowodzenia strategicznego siłami powietrznymi, trzeba znaleźć cechy odróżniające ten poziom dowodzenia od dowodzenia operacyjnego i taktycznego.

---

<sup>65</sup> Kozioł J., *Podjęmowanie decyzji o obronie powietrznej*, op.cit.

Istnieje kilka elementów o określonych właściwościach, wyznaczających cechy „strategiczne” tego dowodzenia (zarządzania) Oto one:

- cele - formułowane cele sił powietrznych muszą być ogólne i długookresowe;
- otoczenie - zmienne;
- program działania - ujmujący środki (sposoby) realizacji działalności sił powietrznych;
- zmiana - każda decyzja determinuje istotne zmiany strukturalne sił powietrznych i ich celów.

To, co zawarte jest w tej odpowiedzi, można ująć problemowo - jaką działalność (program działań) powinny podjąć siły powietrzne, aby zrealizować ogólne i długookresowe cele w zmiennym otoczeniu?

W literaturze przedmiotu wymienia się wiele kryteriów różnicujących strategie. Podam niektóre z nich, zwracając równocześnie uwagę, że nie wszystkie są precyzyjnie określone i czasami różnią się jedynie nazwą. Najistotniejszą cechą różnicującą strategię działania sił powietrznych z punktu widzenia tej pracy, jest stopień aktywności dowództwa (kierownictwa) w rozwiązywaniu problemów. Określony stopień aktywności kierownictwa uruchamia mechanizmy adaptacji sił powietrznych do zmian zachodzących w otoczeniu, w rezultacie, których zachowanie sił powietrznych w otoczeniu przybiera określoną formę.

Podstawą wyróżniania strategii mogą być następujące cechy:

1. Rodzaj mechanizmu adaptacji systemu do otoczenia <sup>66</sup>:

- **strategie stabilne:** Siły powietrzne (organizacja) akceptują tylko takie cele i zadania, które pod względem uznawanych przez nie wartości są stanem rzeczy tożsamym z osiągniętym poprzednio. Program swego działania formułuje się zwykle taki sam, jaki był realizowany poprzednio. W przypadku zmiany warunków funkcjonowania podejmuje się zazwyczaj działania według utrwalonych sposobów postępowania. Jeśli okażą się one niedostateczne, siły powietrzne przystosowują się do zmian w sposób bierny, bez modyfikacji swojej struktury i programu działania,
- **strategie ochronne:** siły powietrzne jako organizacja akceptują tylko

---

<sup>66</sup> Na podstawie - Gabara W., Przesłanki racjonalnego zarządzania KiW Warszawa 1993 s.272

takie wyznaczone cele i zadania, które pod względem uznawanych wartości są nie wyższe od osiągniętych poprzednio. Program działania formułuje się nie szerszy od poprzednio realizowanego. Wobec zmian warunków funkcjonowania przyjmują postawę ochronną, modyfikując program działania o zakresie węższym niż poprzednio. W rezultacie cele formułowane są na niższym poziomie wartości niż osiągnięty poprzednio,

- **strategie progresywne:** w siłach powietrznych akceptuje się tylko takie wyznaczone cele i zadania, które pod względem uznawanych wartości są stanem rzeczy wyższym lub co najmniej nie niższym niż osiągnięty poprzednio. Odpowiednio do tego formułuje się swój program działania. W przypadku zmian w warunkach funkcjonowania przyjmując postawę czynną, podejmując działania zapobiegające zakłóceniom. Jeśli to nie daje oczekiwanych rezultatów, zmienia się swój pierwotny program działania, nie rezygnuje się jednak z tego stanu rzeczy, który pierwotnie został zaakceptowany jako cel działania.

## 2. Forma zachowania się sił powietrznych względem otoczenia<sup>67</sup>:

- strategie czynne, kreujące zmiany w otoczeniu,
- strategie antycypacyjne, charakteryzujące się przystosowaniem do nowych warunków działania,
- strategie biernie, nie kreujące zmian w otoczeniu, zwane też strategiami przetrwania.

## 3. Stopień aktywności dowództwa w rozwiązywaniu problemów<sup>68</sup>:

- strategie defensywne (obronne, pasywne), przybierające postać strategii stabilnych bądź ochronnych,
- strategie ofensywne (czynne, aktywne), nazywane też strategiami ekspansji, które ze względu na liczbę użytych czynników ekspansji można podzielić na: strategie ekspansji jednokierunkowej, strategie ekspansji dwukierunkowej oraz strategie ekspansji wielokierunkowej.

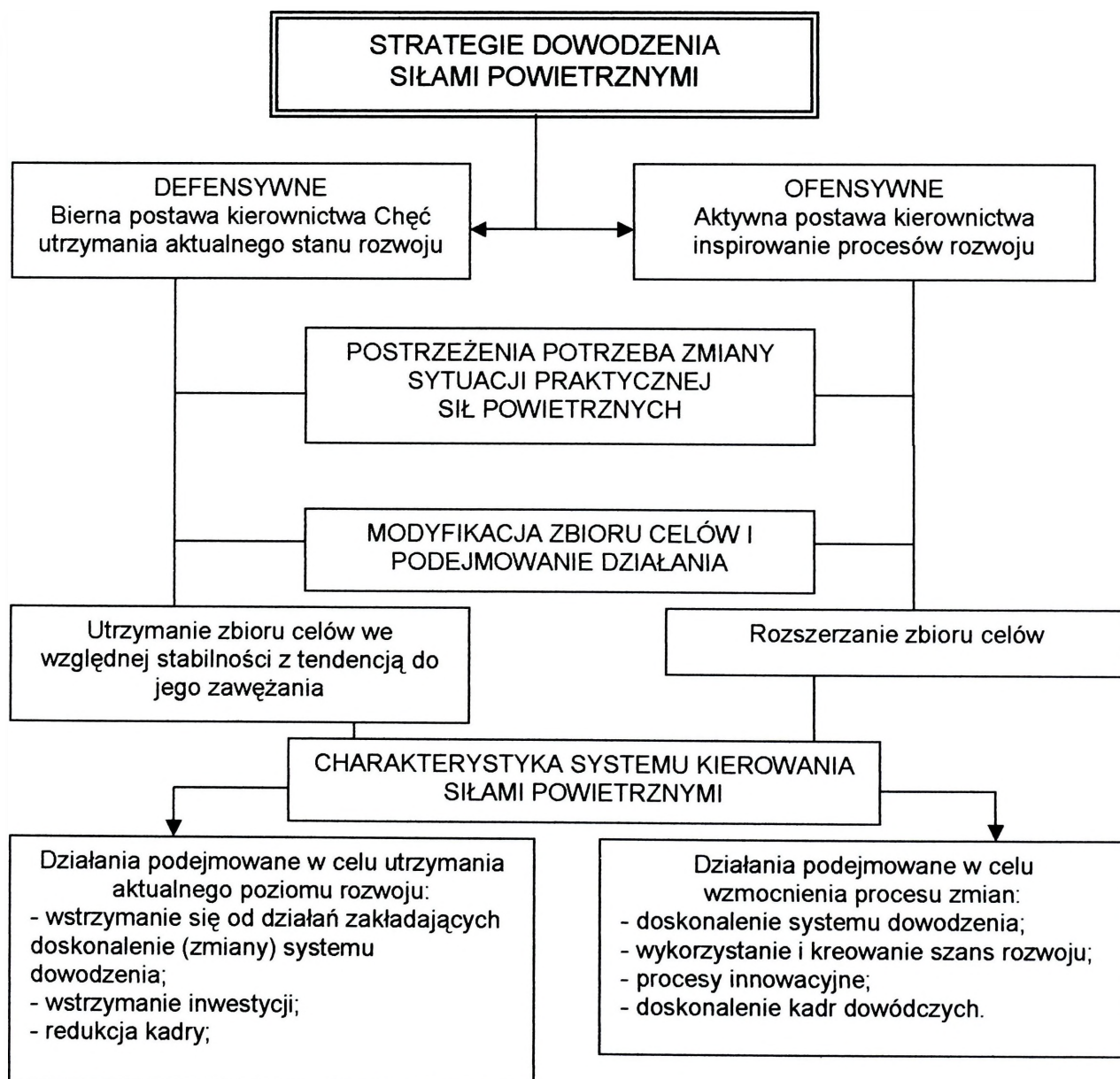
Najogólniej biorąc, strategie biernie charakteryzuje przystępowanie do rozwiązywania problemów dopiero po ich pojawieniu się i relatywnie

<sup>67</sup> Tkaczyk T.P., *Ryzyko a strategie konkurencji* Oficyna wydawnicza SGH Warszawa 1998.

<sup>68</sup> Kozioł J., *Podjęmowanie decyzji o obronie powietrznej*, op.cit.

negatywnym oddziaływaniu postrzeżonych zmian w otoczeniu na efektywność funkcjonowania sił powietrznych. Reagowanie sił powietrznych na te zmiany może przybrać następujące formy:

- czystą, tzn. na nowe sposoby działania, nowe rozwiązania techniczne wdrożone z powodzeniem na świecie, siły powietrzne reagują zmianami taktyczno – technicznymi realizowanymi przez siebie,
- imitacyjną, polegającą na kopiowaniu rozwiązań skutecznie stosowanych przez siły powietrzne innych państw,
- „drugiego, ale lepszego” a więc imitacji towarzyszy proces udoskonalania,
- reagowanie na potrzeby, gdy przez odpowiednio ukierunkowany proces informacji kreuje się nowe lub modyfikuje znane rozwiązania zgodnie z własnymi potrzebami.



Rysunek 9. Ofensywna i defensywna strategia zarządzania siłami powietrznymi

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Tkaczyk T.P., Ryzyko a strategia konkurencji SGH Warszawa 1998

Jest oczywiste, iż siły powietrzne w tworzeniu własnej tożsamości nie mogą naśladować żadnej z opisanych strategii w formie czystej, chociaż ze swej natury mają pewne cechy przysługujące każdej z nich.

Ze względu na fakt, iż misja sił powietrznych powinna być wyjaśniona (zakomunikowana) społeczeństwu, jej sformułowanie nie może być zawile i trudne w odbiorze społecznym. Jako publiczny element planu strategicznego, misja sił powietrznych powinna się cechować jasnością zadań i zawierać ideę ich rozwoju jako organizacji.

Doświadczenie i fachowość kadr dowódczych sił powietrznych muszą być również brane pod uwagę przy formułowaniu ich strategii. Ma to szczególne znaczenie w wypadku uczestnictwa ich w sojuszu, który umożliwia podział zadań wojskowych między poszczególnych sygnatariuszy. Doświadczenie sił powietrznych odgrywa ważną rolę przy formułowaniu strategii działalności międzynarodowej sił zbrojnych, takiej jak misje pokojowe i inne reakcje wojskowe w ramach ONZ lub sojuszu związane - na przykład - z zaprowadzaniem pokoju w różnych regionach świata.

Zarządzanie strategiczne obejmuje trzy podstawowe etapy<sup>69</sup>:

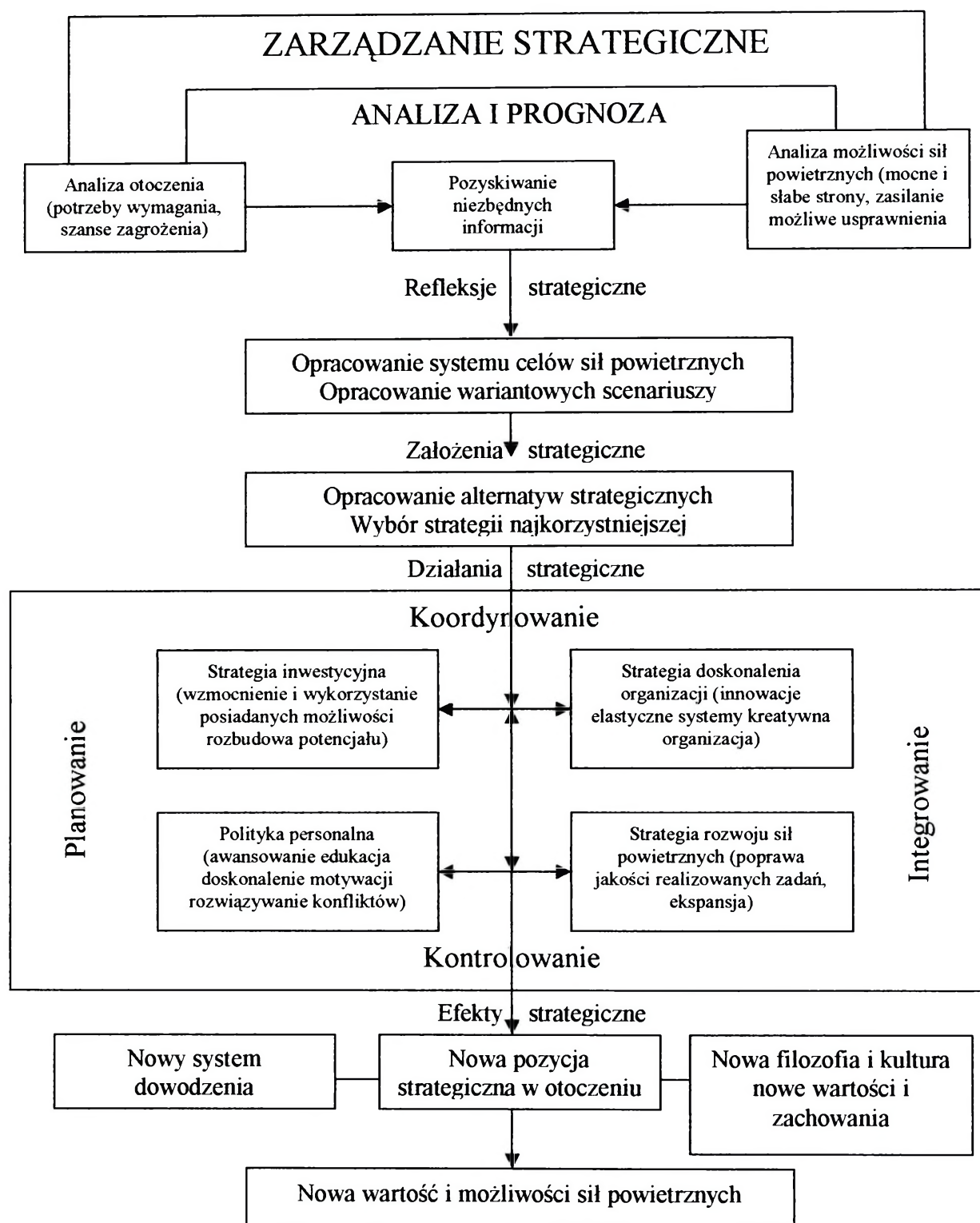
- analizę strategiczną;
- projektowanie strategii (planowanie strategiczne - planowanie strategii);
- realizację strategii.

Analiza strategiczna, ujmowana w sensie czynnościowym, jest zbiorem działań diagnozujących i prognozujących kształt sił powietrznych i ich otoczenie dla potrzeb opracowania strategii oraz jej realizacji. W sensie narzędziowym jest ona procedurą badawczą, w której - za pomocą zbioru metod analitycznych - można zidentyfikować i ocenić stan istniejący oraz przewidywać stany przyszłe sił powietrznych i ich otoczenia (rysunek 10).

Planowanie strategiczne sił powietrznych jest zabiegiem umysłowym, ukierunkowującym proces tworzenia i wykorzystania tych sił przede wszystkim na realizację celów polityki obronnej państwa, zapewniając trwałe przeciwdziałanie zagrożeniom militarnym. Jest ono zorientowane na przyszłość.

---

<sup>69</sup> Grudzewski W.M., Hajduk I.K., *Projektowanie systemów zarządzania Difin* 2001 s.108



Rysunek 10. Procedura dowodzenia strategicznego siłami powietrznymi

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Penc J., Strategie zarządzania op.cit.

Ze względu na złożoność i dynamikę samego państwa i jego otoczenia, planowanie strategiczne sił powietrznych nie może być analitycznie zdeterminowane; pozostaje selektywne i nieokreślone w swych implikacjach.

Realizacja strategii - wykonanie planu strategicznego - polega na pełnym urzeczywistnieniu programów sił powietrznych. Dowództwo sił powietrznych powinno dysponować zbiorczym harmonogramem realizacji poszczególnych

programów po to, aby wykrywać opóźnienia w ich realizacji, a także ich przyczyny. Działalność kontrolna na poziomie realizacji planu powinna stanowić integralny element planu strategicznego. Może ona obejmować „pięć etapów:

- ustalenie zmiennych kontrolnych;
- ustalenie kryteriów oceny;
- mierzenie zmiennych kontrolnych, rejestrowanych odchyłeń;
- ustalenie przyczyn odchyłeń wraz z określeniem stopnia kontroli przez kierownictwo sił powietrznych źródeł odchyłeń;
- projektowanie działań korygujących<sup>70</sup>.

### 3. METODY ZARZĄDZANIA STRATEGICZNEGO SIŁAMI POWIETRZNYMI

W ujęciu przedmiotowym punktem wyjścia w zarządzaniu strategicznym siłami powietrznymi jest, określenie celów strategicznych, zawierających się w pytaniach: jakie powinny być siły powietrzne w przyszłości i jak powinny one funkcjonować z punktu widzenia potrzeb wsparcia polityki państwa? Jak dojść do przyszłego, pożądanego stanu?

W sensie metodycznym takim punktem wyjścia jest analiza strategiczna. Zasadniczym jej celem jest wykrywanie problemów i ich wzajemnych oddziaływań w ramach systemu, jakim są siły powietrzne.

Analiza strategiczna w sensie czynnościowym to zbiór działań diagnozujący stan sił powietrznych i ich otoczenia w zakresie umożliwiającym zbudowanie planu strategicznego i jego prawidłową realizację. W sensie narzędziowym jest zestawem metod analizy, pozwalających na zbudowanie obecnych i przewidywanie przyszłych stanów sił powietrznych i ich otoczenia<sup>71</sup>.

Obecnie najbardziej rozpowszechnionym modelem analizy strategicznej jest analiza SWOT<sup>72</sup>. Jej istota sprowadza się do badania silnych i słabych stron organizacji oraz szans i zagrożeń pojawiających się w jej otoczeniu. Jest to możliwe przy zastosowaniu diagnozy i prognozy w odniesieniu do organizacji i otoczenia, choć wcale nie jest proste. Wymaga, bowiem jednoczesnego

<sup>70</sup> Grudzewski W.M., Hajduk I.K., Projektowanie systemów zarządzania op.cit.

<sup>71</sup> Kozioł J., *Podjęmowanie decyzji o obronie powietrznej*, op.cit.

<sup>72</sup> Nazwa SWOT jest akronimem angielskich słów strengths (mocne strony), weaknesses (słabe strony), opportunities (szanse) i threats (zagrożenia)

opanowania koncepcji, metod i praktyki zarządzania strategicznego.

Analiza SWOT obejmuje analizę zewnętrzną (okazje i zagrożenia), czyli analizę tych obszarów na zewnątrz sił powietrznych, które wpływają na ich funkcjonowanie, a nad którymi siły powietrzne nie mają kontroli, i analizę wewnętrzną (silne i słabe strony), czyli obecnego potencjału sił powietrznych i ich możliwości rozwojowych niezależnych od otoczenia.

Analiza zewnętrzna powinna obejmować szeroki obszar środowiska zewnętrznego: militarne, ekonomiczne, wojskowe, polityczne, prawne, demograficzne, kulturowe itp.

Szczególnie istotne jest w tej propozycji wyróżnienie dwóch płaszczyzn analizy: na poziomie strategii ogólnej i strategii działalności.

Analiza strategiczna sił powietrznych na poziomie ogólnej strategii wojskowej dotyczy formułowania celów i zadań całości sił powietrznych, na poziomie zaś strategii działalności - celów i zadań dziedzin tej działalności. W pierwszym przypadku opiera się ona na podstawowych zależnościach między filarami strategii: celami, organizacją, otoczeniem i działalnością sił powietrznych oraz pięcioma elementami strategii: uzasadnieniem istnienia, kulturą, wizją, wizerunkiem i tożsamością<sup>73</sup>. Rezultaty tej analizy powinny umożliwić z kolei zdefiniowanie alternatyw dotyczących ogólnych ram polityki wojskowej państwa, obejmujących cele i zadania całości sił zbrojnych, ogólnej docelowej ich struktury oraz sprecyzowania treści wymienionych pięciu elementów strategii.

W analizie strategicznej działalności sił powietrznych, która bada zależności między filarami strategii a pozostałymi dwoma elementami strategicznymi - misją i doświadczeniem, chodzi o przygotowanie wniosków do sformułowania opcji określających sposoby, jakimi muszą być prowadzone poszczególne dziedziny działalności sił powietrznych, aby osiągnąć założone cele, a także, jaki będzie ich udział w osiągnięciu celów ogólnej strategii wojskowej.

Punktem wyjścia w analizie strategicznej są cele sił powietrznych. Ze względu na specyfikę sił powietrznych cele powinny być zazwyczaj formułowane na zewnątrz i określone w ramach strategii obronnej państwa. Zarówno sama strategia obronna, jak i jej podstawa ideologiczna - aspiracje i cele obrony

---

<sup>73</sup> Na podstawie: *Strategor Zarządzanie* firmą PWE Warszawa 2002. Grudzewski W.M., Hajduk I.K., *Projektowanie systemów zarządzania* Difin 2001

narodowej – są bowiem domeną kierownictwa państwa (ośrodka decyzji polityki obronnej). Dla planistów wojskowych cele i zadania - to element dany, wyjściowy. Stan taki jest stanem pożądanym (niestety, tak zawsze nie jest).

W wypadku, kiedy cele i zadania sił powietrznych nie są sformułowane w formie odpowiedniego dokumentu lub są podane tylko w sposób ogólny, kierownictwo sił powietrznych powinno zaproponować Sztabowi Generalnemu Wojska Polskiego i kierownictwu państwa własną formułę celów i zadań sił powietrznych oraz wnioskować o ich zatwierdzenie. Dopiero po uzyskaniu akceptacji władz państwowych dla tych propozycji kierownictwo sił powietrznych (zespół planistów) przystępuje do planowania strategicznego sensu stricto.

Podczas kreowania celów sił powietrznych (czy to na poziomie politycznym, czy też kierownictwa sił powietrznych jako propozycji) należy zdawać sobie sprawę z tego, iż przystępujemy do przygotowania zmiany globalnej - zarówno w odniesieniu do funkcji, jak i struktury sił powietrznych. Problem celów sprowadza się w istocie rzeczy do odpowiedzi na pytania:

- Jaka jest wizja (przyszłość) sił powietrznych?
- Czym uzasadnić istnienie sił powietrznych w przyszłości?
- Dokąd zmierzamy w działaniach politycznych i jakie wynikają potrzeby w dziedzinie wsparcia tej polityki środkami wojskowymi?
- Jaka jest misja (zapotrzebowanie polityczne) sił powietrznych?
- W jakim otoczeniu się znajdziemy?
- Co trzeba zrobić, aby dojść tam, gdzie chcemy<sup>74</sup>?

Należy pamiętać, iż kreacja celów sił powietrznych wiąże się z potrzebą uzyskania niezbędnego konsensusu gremiów politycznych, gdyż stanowią one integralną część celów polityki państwa i zwykle są elementem racji stanu. Cele sił powietrznych muszą być spójne z celami politycznymi państwa i kreatorów jego polityki obronnej.

Na kreatorów celów strategicznych nie nadają się ludzie myślący partykularnie o aktualnej działalności sił powietrznych i nie potrafiący oderwać się od teraźniejszości, nie mający wizji przyszłości.

---

<sup>74</sup> Wróblewski R., *Wprowadzenie do strategii wojskowej* op.cit.

Tworząc wizję sił powietrznych, należy zdawać sobie sprawę z tego, czym ona jest rzeczywiście. Warto pamiętać o układzie, w którym wizja jest pierwszym elementem:

### **WIZJA - MISJA - CELE - ZADANIA**

Według P. Żukowskiego opracowanie wizji organizacji (także sił powietrznych) może przebiegać w czterech etapach<sup>75</sup>:

- przygotowanie do wypracowania wizji;
- gromadzenie informacji;
- odkrywanie wizji;
- opracowanie materiału.

W demokratycznym społeczeństwie polityka wojskowa państwa nie powinna być wyznaczana tylko poziomem aspiracji jednego człowieka. Wizja sił powietrznych nie może być, zatem wizją jednego człowieka, co wcale nie wyklucza dominującej roli określonej osoby (dowódcy) w procesie jej formułowania.

Powołanie zespołu autorskiego powinno być pierwszym etapem tworzenia wizji sił powietrznych. Jest to niezwykle istotne przedsięwzięcie organizacyjne, gdyż wymaga zaangażowania specjalistów najwyższej klasy (cywilnych i wojskowych) oraz stworzenia im warunków do twórczej pracy. Wizja ma być produktem „zintegrowanej” myśli ekspertów o przyszłości sił powietrznych.

Drugi etap - to gromadzenie informacji o siłach powietrznych oraz identyfikacja zasadniczych problemów wynikających z wyzwań, jakie niesie dynamiczne ich otoczenie. Diagnoza istniejącego stanu sił powietrznych powinna dostarczyć wiedzę o ich funkcjonowaniu we wszystkich domenach oraz o dotychczasowych rezultatach, osiągnięciach i niepowodzeniach. Jako schemat prowadzenia diagnozy sił powietrznych, można zaproponować strukturę czteroelementową pozwalającą na syntetyczne ujęcie jej przedmiotu<sup>76</sup>. Oto ona:

#### 1. Podstawy funkcjonowania sił powietrznych:

- Jaka jest rola sił powietrznych w strategii bezpieczeństwa narodowego?
- Jakie cele i zadania sił powietrznych są określone w strategii obronnej i

<sup>75</sup> Żukowski P, *Podstawy organizacji pracy i kierowania* AR Szczecin 1998

<sup>76</sup> Wróblewski R., *Wprowadzenie do strategii wojskowej* op.cit.

czy przystają do rzeczywistości?

- Jaka strategia wojskowa jest realizowana obecnie?
- Jaka jest ocena jakości wykonania zadań przez siły powietrzne w społeczeństwie (ekspertów)?

## 2. Efektywność działań sił powietrznych (na zewnątrz):

- Jakie jest miejsce i jaką rolę odgrywają siły powietrzne w strukturze elementów siły państwa?
- Co wyznacza pozycję sił powietrznych (na zewnątrz)?
- Jaki jest potencjał sił powietrznych w stosunku do zagrożenia państwa z powietrza?
- Czy istnieje potrzeba wprowadzania zmian w funkcjonowaniu sił powietrznych?
- Jakie powinny być kierunki transformacji sił powietrznych?

## 3. Efektywność działań sił powietrznych (wewnątrz):

- Jakie są koszty transformacji i jakie przynosi ona efekty?
- Jaki jest budżet sił powietrznych i podział pozostałych zasobów?
- Jak są wykorzystywane zasoby sił powietrznych?
- Czy struktura sił powietrznych jest odpowiednia do celów i zadań?
- Czy system mobilizacyjny jest adekwatny do potrzeb strategicznego rozwinięcia sił powietrznych ?
- Czy siły powietrzne są organizacyjnie przygotowane do prowadzenia przewidywanego spektrum operacji?
- Czy istniejąca infrastruktura wojskowa jest wystarczająca dla zapewnienia użycia sił powietrznych w przewidywanych sytuacjach?

Istotną sprawą w diagnozowaniu sił powietrznych jest określenie ich rzeczywistej sytuacji, czyli dokonanie oceny możliwości działania w stosunku do oceny możliwości otoczenia sił powietrznych. Łączne ujęcie analizy i oceny pozwala określić własne strategiczne atuty i słabości.

Możliwości sił powietrznych mogą być analizowane według istniejących lub dostępnych zasobów: finansowych, fizycznych, ludzkich, organizacyjnych i

technologicznych. Pozostałe zasoby powinny być analizowane na tle funkcji rzeczowych i kierowniczych.

Analiza sił i słabości sił powietrznych ma dać odpowiedź na pytanie: czy posiadany potencjał ilościowy i jakościowy jest wystarczający z punktu widzenia ich zadań? Jeśli odpowiedź jest negatywna - trzeba odpowiedzieć na kolejne pytanie: w jakim stopniu należy go powiększyć i jakie w tym celu ustalić priorytety?

Jest sprawą oczywistą, że ocena własnych zasobów dla celów strategicznych musi być dokonywana w konfrontacji z otoczeniem.

Kolejnym etapem opracowywania wizji jest jej tworzenie (odkrywanie). Polega to na dokonaniu wyboru kilku zasadniczych problemów odnoszących się do wszystkich domen sił powietrznych oraz przedyskutowaniu różnorodnych konsekwencji, jakie one ze sobą niosą. Zbiory marzeń, oczekiwań i życzeń, ujęte problemowo, powinny być skonfrontowane z rzeczywistością. Nie może to jednak oznaczać powrotu do tego, co jest. Ostateczny wybór problemów i ich uporządkowanie w formie treści wizji jest najtrudniejszym momentem, przynajmniej w tej fazie analizy strategicznej. Jest to ostatni etap jej opracowania.

Misja sił powietrznych wynika z ich wizji i jest skonfrontowana z rzeczywistością. Dlatego jest bardziej konkretna niż wizja. Jeśli istotą budowanej strategii jest zmiana i rozwój - co zawsze zakładamy - to misja powinna syntetycznie określać, na czym ta zmiana ma polegać. Można powiedzieć, że misja sił powietrznych - to istota i kierunek zmian mających doprowadzić do pożądanego stanu, zarysowanego wizją. Tak pojęta misja służy za podstawę formułowania celów sił powietrznych.

Cele sił powietrznych - to świadomie sprecyzowane przyszłe ich stany, mające postać operacyjną. Odpowiadają bowiem na pytania: CO?, GDZIE?, KIEDY? Powinny być formułowane jasno i w takich kategoriach, które są wymierne, dla których istnieją kryteria pomiaru. Mają one z konieczności strukturę hierarchiczną, co oznacza, że nie wszystkie są z punktu widzenia całości sił powietrznych jednakowo ważne. Wyróżniamy cele ogólne sił powietrznych i cele działalności rodzajów wojsk sił powietrznych.

Cele ogólne sił powietrznych - to cele główne, syntezujące i finalizujące

działania na poziomie działalności rodzajów wojsk i na podstawie, których podwładni formułują swoje cele. Natomiast cele rodzajów wojsk sił powietrznych - to wiązki celów pośrednich, umożliwiających osiągnięcie celów głównych. Opracowane przez podwładnych cele pośrednie powinny być przedyskutowane z przełożonym i przez niego zatwierdzone.

Horyzont czasowy poszczególnych celów sił powietrznych jest zróżnicowany, gdyż powinny one tworzyć ciągi celów pośrednich, prowadzące do ostatecznego, głównego celu.

Zadania to cele przydzielone konkretnej osobie, grupie osób lub podległej instytucji. Określają one rezultat końcowy, jaki ma być osiągnięty w danym czasie, z jednoczesnym przydzieleniem środków oraz ustaleniem uprawnień i odpowiedzialności<sup>77</sup>.

Cele sił powietrznych mogą być osiągnane tylko przez zadania. Wskazuje to na konieczność ich rozdziału między wykonawców.

Zarządzanie strategiczne siłami powietrznymi nie musi być oparte na podejściu nakazowo - rozdzielczym, w którym proces definiowania celów przebiega od Sztabu Generalnego aż do najniższych szczebli dowodzenia. Szansą na zmianę tego podejścia jest koncepcja zarządzania przez cele. Kierownictwo formułuje cele główne - obszary zasadniczych wyników, natomiast podległe dowództwa na tej podstawie formułują cele własne. Podejście to wymaga istnienia systemu negocjacji i uzgodnień podwładnego z przełożonym oraz zatwierdzania proponowanych celów. Ponadto, w tej koncepcji kładzie się nacisk na to, co ma być zrobione, a nie na to, co ma być robione<sup>78</sup>.

Po dokonaniu diagnozy sił powietrznych i określeniu ich mocnych stron i słabości należy przeprowadzić diagnozę i prognozę otoczenia w kategoriach szans i zagrożeń.

Podstawą analizy otoczenia jest jego obserwacja, mająca na celu:

- zidentyfikowanie rodzajów zdarzeń i zmian, które mają obecnie i będą mieć w przyszłości zasadniczy wpływ na model sił powietrznych;
- określenie, gdzie można pozyskiwać potrzebne informacje oraz jakie są

<sup>77</sup> J.Koziol *Podjęmowanie decyzji ...*

<sup>78</sup> Zabłocki E., *Systemowe i strukturalne uwarunkowania zastosowania bojowego sił powietrznych* op.cit.

najlepsze metody ich gromadzenia;

- gromadzenie (w sposób ciągły) i ocenianie przydatności informacji oraz przekazywanie ich planistom do wykorzystania przy opracowywaniu planów i podczas koniecznej ich modyfikacji.

Organizując systemową obserwację otoczenia, wskazane jest:

- określić obszary informacji;
- określić sposoby zbierania informacji:

a) studia literatury dotyczącej:

- nowych technologii, które mogą być wykorzystane dla celów wojskowych;
- nowych środków walki;
- tendencji w organizacji i funkcjonowaniu sił powietrznych;

b) udział w ćwiczeniach, sympozjach, wystawach sprzętu wojskowego za granicą;

c) kontakty z uczelniami, placówkami naukowo-badawczymi i wymiana doświadczeń;

d) wywiad wojskowy;

e) badania własne;

f) stworzyć bank danych o otoczeniu, uporządkowanych według określonych kryteriów.

Diagnoza otoczenia sił powietrznych - to opis i ocena istniejącego stanu oraz określenie trendów rozwojowych, której dokonujemy za pomocą metody analizy strukturalnej i gry decyzyjnej<sup>79</sup>. Natomiast prognoza otoczenia sił powietrznych jest dokonywana z zastosowaniem metody scenariuszy<sup>80</sup> (przy wykorzystaniu rezultatów diagnozy). Stanowi tzw. bazowy zbiór informacji strategicznej o ich otoczeniu, niezbędny dla dalszych etapów planowania strategicznego.

### **3.1 Rodzaje i metody planowania w siłach powietrznych**

Celowe kształtowanie rozwoju sił powietrznych wymaga podejmowania decyzji dotyczących wyboru przyszłych kierunków działalności oraz zmian w

---

<sup>79</sup> Kozioł J., *Zastosowanie gier decyzyjnych w dowodzeniu siłami powietrznymi* AON Warszawa 2001

<sup>80</sup> Metoda opisana jest w pracy na stronie 78

sposobach działania. Informacje, na podstawie, których przygotowuje się te decyzje, mogą być dwojakiemu rodzaju. W ślad za tym dwojakiemu rodzaju mogą być procesy i czynności planowania.

W przypadku, gdy podstawą planowania rozwoju są w przeważającej mierze informacje retrospektywne, tj. odwzorowujące zdarzenia i zjawiska już zaistniałe, mówi się o planowaniu śledzącym. Czynności planistyczne podejmowane w tym procesie polegają głównie na obserwacji i postulowaniu zaspokajania bieżących potrzeb i opinii społecznej oraz potrzeb i opinii kadry dowódczej, a rozwój sił powietrznych dąży ich śladem.

W przypadku, gdy podstawą planowania są w przeważającej mierze informacje prospektywne, tj. odwzorowujące zdarzenia i zjawiska, które zaistnieją w przyszłości, mówi się o planowaniu rozwoju antycypacyjnym, a punkt ciężkości czynności planistycznych przenosi się z obserwacji potrzeb na ich przewidywanie.

W procesie budowy planu działania sił powietrznych wyróżnić można pewne etapy i odpowiadające im fazy gromadzenia informacji, w których mogą być wykorzystywane rozmaite metody i techniki planowania. Obrazuje to poniższa tabela 3

Tabela 3. Etapy budowy planu rozwoju i faz gromadzenia informacji

Etapy budowy planu rozwoju	Fazy gromadzenia informacji
1. Identyfikacja problemu	Pozyskiwanie i pogłębianie informacji
2. Diagnoza	
3. Synteza – wybór celu działania	Selekcja informacji
4. Wybór sposobu działania	Przetwarzanie informacji
5. Plan realizacji wyboru	

Źródło: Opracowanie własne

W literaturze przedmiotu formułuje się pewne postulaty natury ogólnej, w myśl których metody i techniki planowania powinny być:

1) dostosowane do charakteru procesu podlegającego planowaniu (kontynuowany, periodyczny, nowo powstający),

2) odpowiednio dobrane w zależności od tego, czy czynniki oddziałujące w przeszłości na kształt zmiennej strategicznej wystąpią również w przyszłości, czy też pojawią się inne czynniki.

3) odpowiednio dobrane w zależności od tego, czy zmienna strategiczna ma już swoją historię rozwoju, czy też nie,

4) odpowiednio dobrane w zależności od tego, czy zmienna strategiczna jest jednoznaczna, czy też stochastycznie zdeterminowana przez inne zmienne,

5) odpowiednio dobrane w zależności od tego, czy istnieje możliwość wpływania na zmienną strategiczną bezpośrednio lub pośrednio, czy też takiej możliwości nie ma,

6) odpowiednio dostosowane do horyzontu czasu objętego planem.

Nie wnikając w specjalistyczne zagadnienia metodyki projekcji przyszłości, możemy stwierdzić, że:

1. W procesach planowania mogą być stosowane dwie metodyki organizowania działań: prognostyczna bądź diagnostyczna. Podstawowe różnice między podejściem prognostycznym i diagnostycznym (rysunki 11, 12) dotyczą etapów diagnozy, syntezy i wyboru. Etapy identyfikacji problemu i realizacji wyboru przebiegają w nich tak samo.

2. W poszczególnych etapach projekcji przyszłości stosowane być mogą zarówno ogólnonaukowe metody poznania (indukcja, dedukcja, wnioskowanie przez analogię, analiza i synteza), jak również metody określonych dyscyplin naukowych (np. matematyczne czy statystyczne).

3. Ogólna liczba opracowanych metod i technik, które mogą służyć procesom formułowania planów rozwoju jest trudna do ustalenia, m.in. ze względu na nieusystematyzowaną nomenklaturę. W literaturze czyniono wprawdzie wielokrotnie próby klasyfikacji metod służących różnym fazom rozwiązywania problemów, jednak do chwili obecnej ich rezultaty nie są w pełni zadowalające<sup>81</sup>.

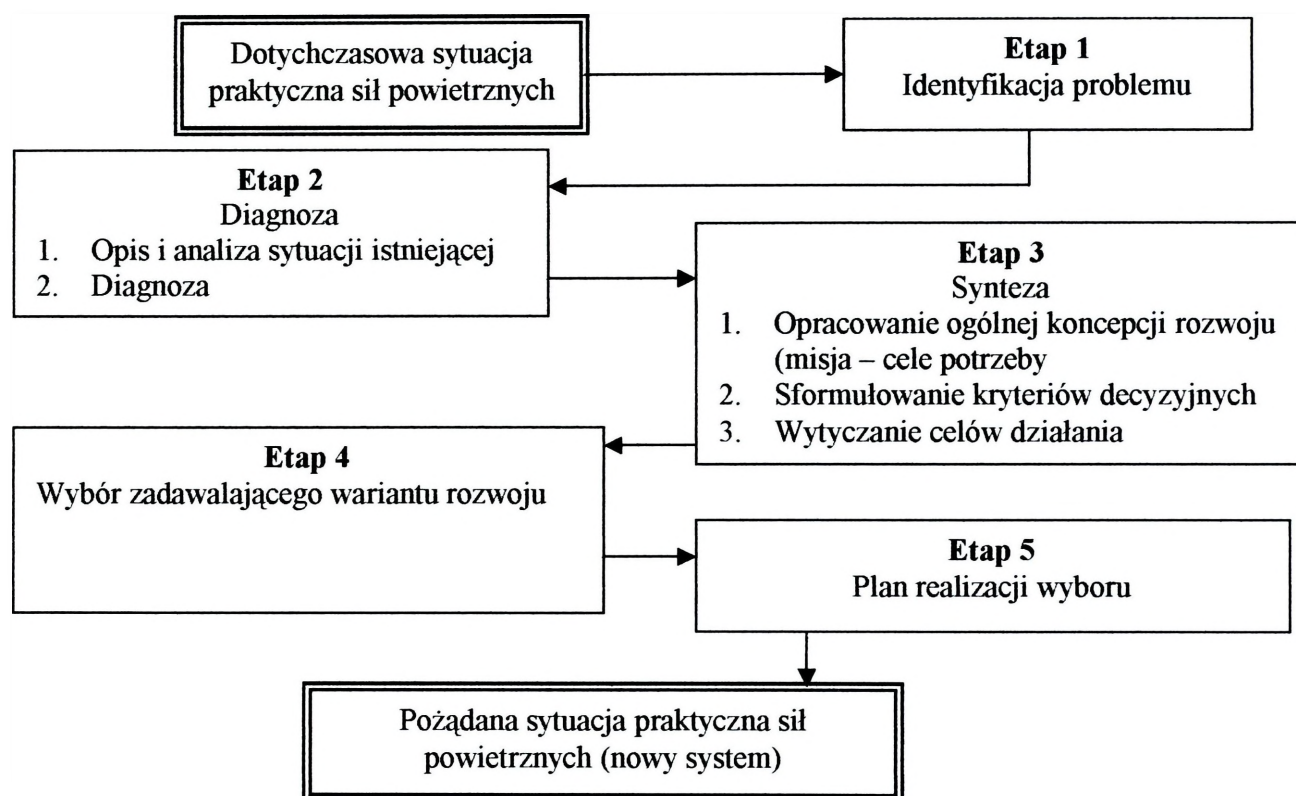
Na podstawie analizy ustaleń teoretycznych i zastosowań praktycznych, tzw. podejść, oraz metod i technik planowania sformułuję kilka uogólnień. W praktyce dominuje, jak wynika z badań diagnostyczne podejście do planowania. Obiektywna złożoność procesów dowodzenia siłami powietrznymi wydaje się być bezpośrednią przyczyną trudności w skonstruowaniu wzorca idealnych sił powietrznych, niezbędnego przy podejściu prognostycznym.

Metody i techniki planowania, które mogą mieć zastosowanie w planowaniu działań sił powietrznych, wykazują zbieżność z powszechnie na ogół akceptowanym klasycznym zestawem metod i technik prognozowania perspektywicznego i normatywnego. Zestaw ten, poszerzony o nieklasyczne

---

<sup>81</sup> Kozioł J., *Podjęmowanie decyzji o obronie powietrznej*, op.cit.

metody prognozowania (szczególnie zaś o metody heurystyczne), wydaje się wskazywać granice potencjalnego zbioru metod planowania. Byłoby ogromnie pożytecznym przedsięwzięciem opracowanie typologii metod wykazujących szczególną przydatność do rozwiązywania problemów w poszczególnych obszarach funkcjonalnych sił powietrznych.



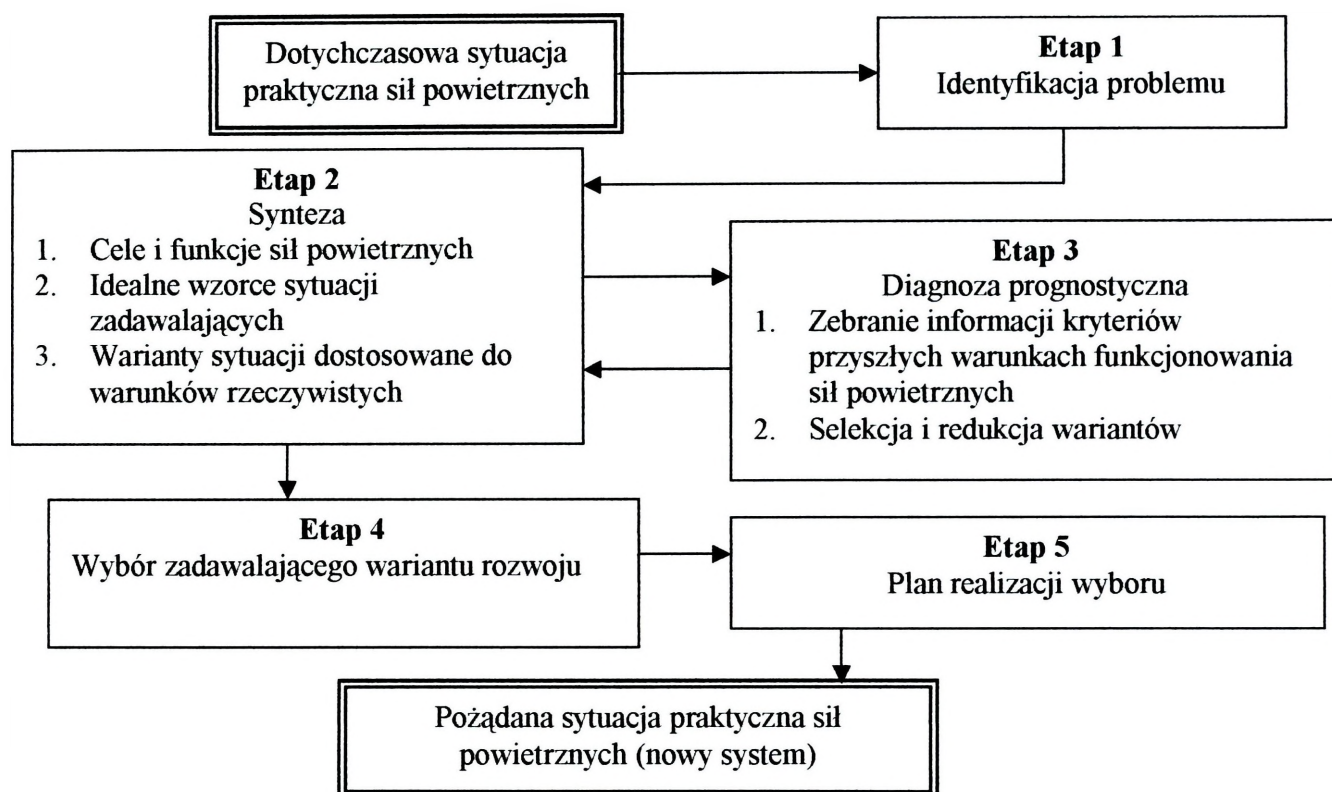
Rysunek 11. Zastosowanie podejścia diagnostycznego w planowaniu rozwoju sił powietrznych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Penc J., *Strategie zarządzania* op.cit.

Z możliwego zestawu już opracowanych metod i technik prognozowania i planowania wykorzystuje się w praktyce tylko nieliczne. Zastosowania te dotyczą głównie metod i technik służących rozwiązywaniu niektórych problemów szczegółowych. Rzadziej natomiast w praktyce planowania sięga się do uniwersalnych technik działań logicznych. Wynika stąd ostatecznie, że praktyka nie dysponuje wystarczającym zestawem metod i technik planowania, który byłby adekwatny do charakteru tego rodzaju projekcji przyszłości.

Opracowanie analizy otoczenia wymaga rzetelnego określenia jego struktury. Ułatwia ona zidentyfikowanie istniejących i przyszłych szans oraz zagrożeń, które mogą mieć wpływ na osiągnięcie przez siły powietrzne swych celów. Analiza otoczenia powinna być przede wszystkim kompleksową i wieloczynnikową

procedurą badania zewnętrznych warunków funkcjonowania sił powietrznych.



Rysunek 12. Zastosowanie podejścia prognostycznego w planowaniu rozwoju sił powietrznych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Penc J., *Strategie zarządzania* op.cit.

W analizie otoczenia nie należy dopuścić do pominięcia wzajemnych powiązań między sektorami otoczenia. Prognozowane zdarzenie, bowiem w otoczeniu może w znaczący sposób wpłynąć na szybkość i kierunek trendu innego sektora. Na przykład, ogólny wzrost gospodarczy państwa może spowodować zdynamizowanie produkcji wojskowej. Trzeba, zatem określić prawdopodobieństwo i zakres wzajemnych powiązań.

W analizie otoczenia chodzi przede wszystkim o to, aby z całej mnogości czynników i sił oddziałujących na siły powietrzne wychwycić te, które są najbardziej znaczące dla ich strategii. Dlatego też po jej zakończeniu wypełnia się arkusz identyfikacji zagrożeń i sposobności.

Planista z konieczności jest skazany na przyjmowanie określonych założeń, traktowanych w dalszych fazach planowania jako dane. Zadanie ograniczenia ryzyka w związku z przyjętymi założeniami przypada wówczas kontroli strategicznej. W wypadku sektora wojskowego nie uwzględnia się z natury

rzeczy jego aspektu wewnętrznego (krajowego). Jest przy tym rzeczą do uznania planisty, w jaki sposób dokona podziału otoczenia na sektory. Niezaprzeczalne jest jednak to, że segmentacja otoczenia na sektory ułatwia jego analizę.

Przyszłość otoczenia może być prognozowana na podstawie trendów „wykrytych” podczas diagnozy poszczególnych sektorów otoczenia. Dotyczyły one zjawisk mierzalnych i mających charakter powtarzalny. Wskazywały na dynamikę zjawisk, a nie na ich wartości względne.

Oceny strategii i ich skutków dokonuje się na tle celów długoterminowych bądź wynikających z nich kryteriów. Przy wyborze strategii trzeba uwzględnić przede wszystkim jej realność (z punktu widzenia odpowiedniości zasobów). Wybiera się strategię, którą można lepiej uzasadnić. Uzasadnienia nie muszą być ściśle skwantyfikowane, ale - co najmniej - muszą być sprawdzalne, tak aby można było je przeanalizować.

Liczbowe wartościowanie danej strategii natrafia na trudności. Ani strategii, ani ich skutków nie można ściśle prognozować. Dlatego też wybór strategii jest zazwyczaj jakościowym ujęciem wszystkich istotnych aspektów z uwzględnieniem wojskowych i ekonomicznych kryteriów celu.

Ostatnim elementem planowania jest planistyczne przygotowanie realizacji strategii. Przejścia od koncepcji do działania dokonuje się przez opracowanie programów strategicznych. W tych ostatnich następuje konkretyzacja przedsięwzięć, jakie należy zrealizować, aby wprowadzić w życie przyjętą strategię. Programy strategiczne sił powietrznych składają się z subprogramów i programów elementarnych.

Rozpatrując problem kosztów programów należy pamiętać o ich strukturze, obejmującej następujące składowe koszty:

- badania i rozwój (ewentualnie zakup systemu za granicą);
- inwestycje początkowe;
- użycie systemu - eksploatację;
- koszty utrzymania personelu i infrastruktury.

Ponadto, przy obliczaniu kosztów programów trzeba uwzględnić: inflację, ryzyko, okazje niewykorzystane. Należy przy tym wziąć pod uwagę fakt, iż pieniądze przeznaczone na realizację programu mają wartość czasową, która

powinna być szacowana od momentu uruchomienia programu, aż do jego zakończenia.

Podstawowym wskaźnikiem efektywności programu strategicznego jest stosunek korzyści osiąganych dzięki jego uruchomieniu i eksploatacji do poniesionych na ten cel nakładów.

W podsumowaniu jeszcze kilka refleksji o kontroli strategicznej. Kontrolę strategiczną, w omawianym ujęciu, należy traktować jako proces towarzyszący planowaniu, a nie jako ostatnie ogniwo zarządzania strategicznego. Stosowana jest ona w celu sprawdzania planów strategicznych i ich realizacji dla sygnalizowania w porę zagrożeń i konieczności zmian w sposobach działania.

Niepewność i złożoność sytuacji sił powietrznych wskazuje na to, że przyjmowane strategie muszą być traktowane jako wymagające rewizji. Rewizja ta obejmuje trzy typy kontroli: nadzór, kontrolę realizacji strategii i kontrolę przyjętych założeń.

Kontrola założeń koncentruje się na założeniach przyjętych w procesie planowania. Są one środkiem strukturyzacji sytuacji decyzyjnej, ale jednocześnie ich istotą jest pomijanie dużej liczby potencjalnych stanów ocenianej sytuacji. Nieuwzględnianie tych ostatnich powoduje duże ryzyko błędu, co nakazuje prowadzenie kontroli. Weryfikacja założeń polega na ich kontroli pod względem aktualności w kontekście dokonujących się zmian w sytuacji.

Jest sprawą oczywistą, że założenia, na których oparta jest strategia, nie są kompletne, tzn. nie dotyczą wszystkich istotnych trendów w sytuacji wojskowej państwa (sił powietrznych). Wobec tego kontrola strategiczna w tej fazie zarządzania obejmuje przede wszystkim sfery (aspekty), które pominięto przy formułowaniu założeń.

Zadaniem zaś kontroli realizacji strategii jest potwierdzenie, czy dana strategia wprowadzona w życie jest właściwa. Odniesieniem dla porównań niezbędnych w celu stwierdzenia odchyień między założonymi celami i skutkami strategii są cele pośrednie, jakie powinny być osiągnięte w toku realizacji strategii.

Strategiczny nadzór, jako typ kontroli, pełni podwójną funkcję - scala kontrolą założeń i kontrolę realizacji strategii. Cały proces kontroli strategicznej

rozpoczyna się w pierwszym stadium planowania i trwa także w fazie jej wdrażania.

Kontrola założeń nie uwzględnia w pełni licznych zdarzeń, które z różnych przyczyn wymykają się spod kontroli. Ponadto, niektóre założenia są błędne, ale nie znalazły jeszcze swego odbicia w rezultatach wdrażanej strategii. Zadaniem nadzoru strategicznego jest globalny wgląd w proces zarządzania strategicznego i wykazywanie symptomów kryzysu strategii, a także dostrzeganie zagrożeń, które mogą zniweczyć osiągnięcie przewidywanych celów strategicznych.

Proces kontroli strategicznej, niezależnie od typu kontroli, może obejmować następujące etapy:

- ustalenie zmiennych kontrolnych;
- ustalenie kryteriów oceny;
- rejestrowanie odchyień;
- ustalenie przyczyn odchyień wraz z określeniem stopnia kontroli przez kierownictwo sił powietrznych źródeł odchyień;
- projektowanie działań korygujących.

Do kluczowych zmiennych kontrolnych należą miary odzwierciedlające zarówno cele sił powietrznych, jak i czynniki sytuacyjne, wyrażające zagrożenia i sposobności w otoczeniu oraz słabe i mocne strony sił powietrznych. Zmienne dotyczące celów ogólnych mają charakter jakościowy, a ich szacowanie wskazuje na poprawę lub pogorszenie możliwości ich osiągnięcia. Natomiast zmienne dotyczące celów operacyjnych sił powietrznych mogą być kwantyfikowane za pomocą miar absolutnych: zasobów, rozmachu działań, czasu działania itp.

Zmienne kontrolne służące ocenie istniejącej i przyszłej sytuacji sił powietrznych nie mogą być ujmowane jedynie w kategoriach zagrożeń, sposobności, sił i słabości. Powinny zawierać ustalenia sytuacyjne w szerszym kontekście, a mianowicie:

- strukturę organizacyjną;
- czynniki charakteryzujące ogólną sytuację ekonomiczną i społeczną;
- powiązania organizacji z innymi strukturami państwa itp.

W procesie kontroli strategicznej przedmiotem badania jest efektywność i ekonomiczność wybranej strategii. Zarówno zmienne kontrolne, jak i kryteria oceny mogą przyjmować postać pewnych jakości, czyli wymagań oraz miar. Różnica między miarami będącymi kryteriami ocen a miarami stanowiącymi zmienne kontrolne polega na tym, że pierwsze z nich dotyczą poziomu miernika, jaki należy osiągnąć, drugie - służą rejestrowaniu wyników obserwacji i prognozowania.

Rejestrowanie odchyłeń między wartościami zmiennych, przyjętych jako zmienne kontrolne i kryteria oceny, polega na ich porównaniu i wykazaniu różnic. Istnienie tych różnic może być sygnałem ostrzegawczym o nieskuteczności strategii, a przede wszystkim wymaga ustalenia przyczyn ich powstania. Po ich ustaleniu projektuje się działania korygujące.

### **3.2 Metoda scenariuszowa**

Teoria i praktyka planowania strategicznego w siłach powietrznych wypracowały w zasadzie dwie koncepcje: scenariuszową i „bezscenariuszową”, zwaną też koncepcją wielorakich możliwości<sup>82</sup>. Koncepcje te są równocześnie prototypami planowania rozwoju.

Koncepcja scenariuszowa polega na przygotowaniu wielu rozmaitych wersji scenariuszy opisujących sytuację sił powietrznych i stan otoczenia, w których będą one w przyszłości funkcjonować, oraz zbudowaniu dla każdej wersji planu rozwoju. Punkt ciężkości tej koncepcji planowania leży w badaniu rozpoznawczo - prospektywnym dokonywanym w wejściowej fazie procesu planistycznego. Za pomocą prostej ekstrapolacji dotychczasowej tendencji zmian sił powietrznych określa się ich przyszłą sytuację. W konstruowaniu alternatywnych opisów przyszłości czynnikami motywującymi wybór celów rozwoju, jako sytuacji pożądaných i odpowiadających im strategii są pewne cechy sytuacji idealnej oraz negatywne skutki kontynuacji dotychczasowej strategii. Zakres strategii w koncepcji scenariuszowej zależy od spełnienia następujących warunków:

- siły powietrzne dysponować muszą trafnym scenariuszem rzeczywiście powstałej sytuacji (wiele scenariuszy nie odpowiada realiom faktycznie

---

<sup>82</sup> Penc J., *Strategie zarządzania* op.cit.

istniejącym),

- przedsięwzięcia ujęte w planie muszą być adekwatne do faktycznie istniejącej sytuacji,
- moment rozpoczęcia ujętych w planie działań strategicznych musi być właściwie wybrany<sup>83</sup>.

Szczególnie wiele trudności wiąże się z wyborem właściwego momentu podjęcia działań strategicznych. W wielu organizacjach powołuje się komórki wczesnego ostrzegania, systematycznie gromadzące dane, które mogą stanowić źródło informacji o zmianach w dającej się przewidzieć przyszłości.

Obrane tutaj podejście strategiczne opiera się na modelu sił powietrznych jako żywego i uczącego się organizmu, którego wrodzonym podstawowym celem jest przetrwanie i rozwój. Przyjmuję to za punkt wyjścia i podstawową siłę napędową wszystkiego, co się robi w sensie organizacyjnym, łącznie z postrzeganiem otoczenia za pośrednictwem planowania scenariuszowego. Zgodnie z koncepcją organizacyjnego uczenia się, kształtowanie strategii łączy w sobie działanie i doświadczenie.

Działanie istot ludzkich i organizacji nie jest reakcją na rzeczywistość, ale na skonstruowaną wewnątrznie wersję rzeczywistości.<sup>84</sup>

Musimy zwrócić szczególną uwagę na zależność między rzeczywistością a jej wewnętrznym modelem. To nas prowadzi do zastanowienia się, w jaki sposób sygnały płynące ze świata zewnętrznego są filtrowane przez system poznawczy.

Najbardziej oczywiste filtry to zmysły, które pozwalają nam postrzegać tylko część rzeczywistości. Ale poza tym sygnały są poznawczo filtrowane przez ograniczony zakres uwagi i poczucie istotności. Tylko takie zdarzenia, które przyciągają uwagę i są uznawane za ważne, przedostają się do świadomości i stają się surowcem do budowania modeli myślowych, na podstawie, których decyduje się o działaniu.

Filtry istotności mają kilka wymiarów. Jednym z nich jest czas - groźba natychmiastowego oddziaływania przyciąga naszą uwagę silniej niż zagrożenie działaniem odległym w czasie. Z tym problemem, często wyrażanym frazą: „to, co pilne, spycha na bok to, co ważne”, boryka się wielu dowódców. Innym wymiarem

---

<sup>83</sup> Kees van der Hijden *Planowanie scenariuszowe w zarządzaniu strategicznym*, Dom Wydawniczy ABC, Kraków 2000

<sup>84</sup> Hatch J.M., *Teoria organizacji* PWN Warszawa 2002.

filtrów istotności jest bliskość granic systemu. Jesteśmy skłonni bardziej interesować się zdarzeniami dotyczącymi osób, których dobro ma znaczenie dla naszej pomyślności, niż zdarzeniami, które się dzieją gdzieś daleko i wydają się nas nie dotyczyć. Ponadto ważna jest także siła sygnału: słabe sygnały łatwiej przeoczyć.

20 marca 1995 r. pewna sekta zaatakowała gazem trującym (sarinem) ludzi na dworcu kolejowym w Tokio. Na skutek ataku zginęło 11 osób, a ponad 5500 odniosło obrażenia. Gdy później analizowano sytuację, okazało się, że atak poprzedziło, co najmniej siedem sygnałów ostrzegawczych, które można było zinterpretować jako oznaki zbliżającego się niebezpieczeństwa. Każde z tych zdarzeń wzięte z osobna było zbyt małe, by sprowokować jakąś kontrakcję. Dopiero wielki wybuch w Tokio był dostatecznie ważny, aby skupić uwagę na leżącej u jego podstaw sytuacji strukturalnej. Gdyby wcześniejsze zdarzenia były postrzegane jako wzorzec, można byłoby przedsięwziąć działania zapobiegające atakowi. Pojęcie filtrów istotności jest związane z dążeniami osoby lub organizacji<sup>85</sup>.

Aby zrozumieć zjawisko percepcji organizacyjnej, musimy zrozumieć i wyartykułować swoiste cele organizacji. Należy zająć się kwestiami przetrwania i rozwoju w odniesieniu do swoistych cech sił powietrznych. Aby można to było zrobić, wprowadzimy pojęcie „koncepcji”.

Kształtowanie strategii można interpretować jako rozpatrywanie koncepcji działania na tle prognozy dotyczącej otoczenia. Do czego może się tu przydać myślenie scenariuszowe? Na scenariusze można patrzeć jak na warunki próbne dla koncepcji działania. Używa się ich jako środka służącego przemyśleniu przyszłych linii postępowania i decyzji. Są one swoistymi laboratoriami, w których można testować różne modele przyszłej taktyki. Zastosowanie więcej niż jednego scenariusza pozwala na testowanie siły koncepcji działania. Testowanie wymaga zrozumienia kluczowych zmiennych w otoczeniu i wzajemnych powiązań między nimi. Otoczenie, w jakim działamy jest nieskończenie wielkie i organizacja wybiera z niego to, co jest warte uwagi, odwołując się do swej koncepcji działania. W kategoriach praktycznych tworzenie scenariuszy wymaga zrozumienia charakteru koncepcji działania, aby móc ustalić, jakie są odpowiednie warunki próbne. Używanie scenariuszy jako poligonu doświadczalnego strategii zmusza

---

<sup>85</sup> Businessweek Nr 4. 2005r Czy można inwestować w zagraniczne fundusze inwestycyjne

dowódców (decydentów) do wyartykułowania, co uważają za naprawdę ważne w otoczeniu.

Czasem celem działań scenariuszowych bywa wypracowanie ostatecznej decyzji, ale częściej używa się scenariuszy do testowania projektów strategii, chcąc znaleźć sposoby ich ulepszenia, tak, aby były odpowiedniejsze i odporniejsze na różne warianty przyszłości, jakie mogą zaistnieć. O ile prognozy są środkami podejmowania decyzji, o tyle scenariusze są narzędziami kształtowania taktyki. Zamiast sprecyzowanej sytuacji typu „tak—nie” ofiarują one siłom powietrznym jako organizacji środek pozwalający budować lub rozwijać lepszą taktykę w sposób iteracyjny (metodą wielokrotnych powtórzeń). Muszą one rozszerzyć pole widzenia poza sferę tradycyjnie uważaną za istotną. Planista scenariuszy z zasady musi poszerzyć obszar istotności. A zatem scenariusze to także narzędzia percepcji, które można wykorzystać do rozwinięcia widzenia peryferyjnego — wykraczającego poza to, na czym w danej chwili skupia się uwaga decydentów sił powietrznych.

Planowanie scenariuszy jest działaniem zindywidualizowanym. Proces ten da się porównać z używaniem tunelu aerodynamicznego do testowania modelu samolotu. Konstrukcja naddźwiękowego myśliwca wymaga innych warunków w tunelu aerodynamicznym niż konstrukcja lotni.

W większości organizacji ludzie wykonują swe codzienne zadania, nie zastanawiając się nad koncepcją działania jest ona niewypowiedziana i przyjmowana za coś, co się rozumie samo przez się. Dlatego projekt strategii działania sił powietrznych musi się zaczynać od wydobywania koncepcji na powierzchnię. Ma to dwojaki cel:

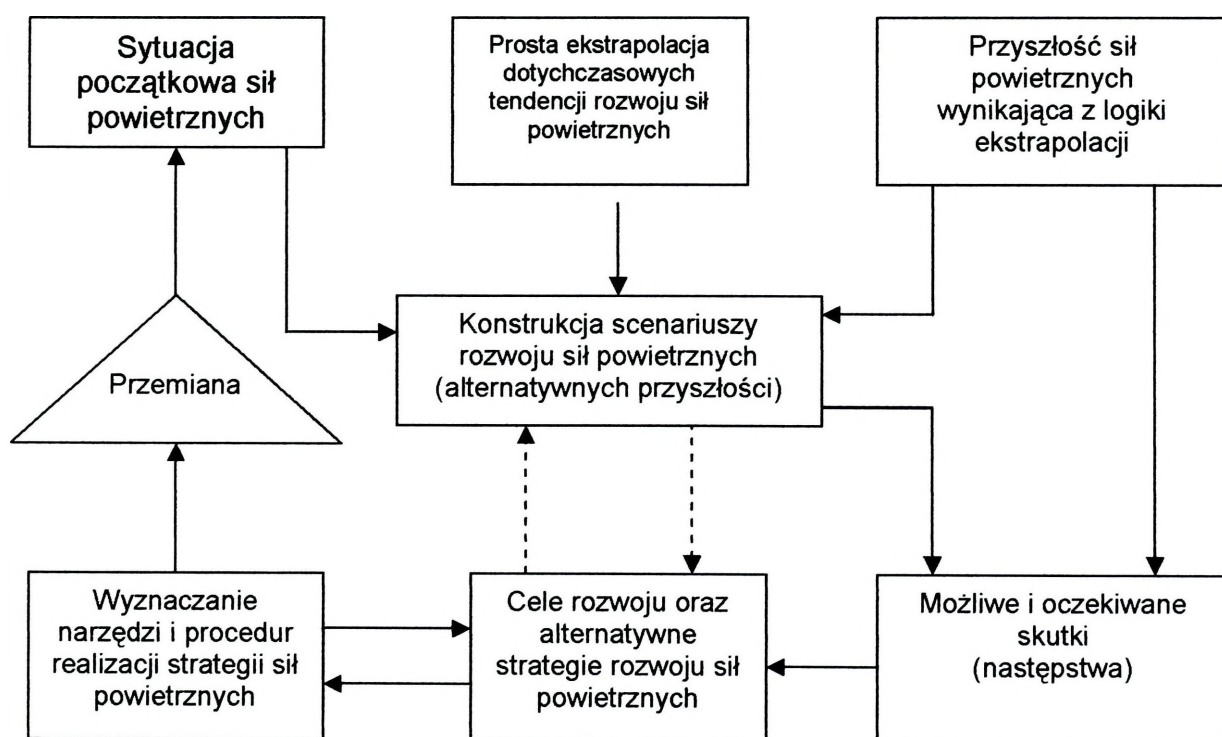
- Stworzenie podstawy, na której można sformułować program budowania scenariuszy.
- Osiągnięcie zgodnego zrozumienia podstawowych generatorów sukcesu, które później będzie można ocenić względem stworzonych scenariuszy w celu omówienia konsekwencji, jakie z nich wynikają dla sił powietrznych.

Działania w obszarze rozwiązań militarnych to ciągle ponoszenie ryzyka. Koncepcja działania charakteryzuje podstawowe zasady, na których zbudowany jest sukces organizacji. Ale skąd kierownictwo ma wiedzieć, czy jego pomysły są trafne i czy stanowią solidną podstawę na przyszłość? Powodzenie bądź fiasko

koncepcji działania trzeba odnosić do jej otoczenia. Musi istnieć dobre dostosowanie między siłami powietrznymi a otaczającym je światem.

Aby stworzyć zdrową i silną organizację, należy równie dobrze rozumieć otoczenie, jak samą organizację.

Podłożem problemu jest fakt, że dowodzenie na szczeblach strategicznych odbywa się w kontekście niepewności dotyczącej przyszłości. Niepewność ta musi być oceniana przed podjęciem decyzji militarnych<sup>86</sup>. Ryzyko można skalkulować na podstawie prawdopodobieństwa. W strategii jednak niepewność przeważnie jest elementem struktury danej sytuacji. Ten rodzaj niepewności często pojawia się wtedy, gdy wzorce obecne w zdarzeniach można interpretować na wiele sposobów. Z tych różnych struktur wyłonią się różne warianty przyszłości. Stojąc w obliczu głębokich problemów strukturalnych, znajdziemy się na zupełnie nowym, nieznanym lądzie, pozbawionym historii, na której można byłoby oprzeć szacunki prawdopodobieństwa.



Rysunek 13. Planowanie strategiczne w siłach powietrznych metodą scenariuszową

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kees van der Hijden *Planowanie scenariuszowe w zarządzaniu strategicznym op.cit.*

Planowanie scenariuszowe może pomóc kierownikom w zrozumieniu tego, co może się zdarzyć, i sformułowaniu lepszego osądu tego, co to może oznaczać, dzięki zanalizowaniu konsekwencji wynikających z różnych możliwych kierunków zmian

<sup>86</sup> Kozioł J Decyzje militarne AON Warszawa 2000

w otoczeniu militarnym. Z pewnością nie usunie to niepewności z tych sytuacji, ale pomoże dowódcą (kierownikom) racjonalnie ocenić, czy określona decyzja będzie odporna na warunki stworzone przez różne możliwe warianty przyszłości. W ten sposób decydenci mogą wywnioskować, czy niepewność, wobec której stoją, da się zaakceptować, czy nie.

Wreszcie, w sferze niewiadomych, uznajemy, że przewidywanie jest niemożliwe. Jediną rzeczą, jaką możemy próbować zrobić w odniesieniu do niewiadomych, jest osiągnięcie większej wprawy w reagowaniu na niespodzianki. Możemy to zrobić, rozwijając naszą umiejętność postrzegania. Scenariusze mogą tutaj stanowić wielką pomoc. Zdaniem wielu, to właśnie jest najważniejszy rodzaj zastosowań scenariuszy.

Gdyby nie istniało ryzyko, nie byłoby też sukcesu w działaniu sił powietrznych ani jego opłacalności. Trzeba ryzykować, wiedząc, że nie da się usunąć niepewności. Taki rodzaj ryzyka jest nierozzerwalnie związany z sytuacją militarną i musi być podejmowany. Z drugiej strony, ponoszenie nadzwyczajnego, nieuzasadnionego ryzyka wywołuje poważne problemy. Sztuka polega na znalezieniu odpowiedniej równowagi, przy której ryzyko jest możliwe do przyjęcia i skalkulowane. Ważny atut w dowodzeniu stanowi umiejętność oceniania ryzyka, rozpoznawania sytuacji i myślenia o przyszłości, zwiększająca zdolność przystosowywania się zawczasu do sytuacji, które mogą zaistnieć w przyszłości.

Nie każdy rodzaj niepewności jest niedogodny. Wielu dowódców nauczyło się żyć w sytuacji znacznego ryzyka. Dowódcy ci mają jednak w pogotowiu podbudowę pojęciową i narzędzia analityczne pozwalające im poradzić sobie z taką sytuacją. Dzięki temu mogą traktować pojedyncze decyzje jako element nieprzerwanego strumienia wielu podobnych decyzji, których wyniki, średnio biorąc, będą dodatnie. Pojedynczej nietrafnej decyzji nie uważa się za błąd wymagający bezpośredniej interwencji kierownictwa. Efekty są oceniane w dłuższym czasie. Należy zdawać sobie sprawę, że nie zawsze się wygrywa. Takie podejście ma zasadniczo charakter probabilistyczny.

Jeśli dowódcy nie czują, że mają pod ręką podobne instrumenty, stają się ostrożni w podejmowaniu decyzji i ponoszeniu ryzyka. W takich okolicznościach, chcąc zakończyć działania sukcesem, można być zmuszonym do pilnego przemyślenia na nowo warunków otoczenia. Zrozumienie mogących zaistnieć

warunków jako części nieprzerwanego strumienia podobnych lub porównywalnych zdarzeń pozwala dowódcą (decydującym) wnioskować o prawdopodobieństwie, dzięki czemu ocena ryzyka staje się bardziej realistyczna.

Sytuacja przedstawia się zgoła inaczej, gdy organizacje stają w obliczu nowych, nieznanych dotąd wyzwań stwarzanych przez niepewność strukturalną. Brak jest teorii, w której można by znaleźć oparcie, i niejasny jest udział indywidualnych decyzji w nieprzerwanym strumieniu procesu decyzyjnego. Nie jest możliwe widzenie zdarzeń decyzyjnych w postaci nieprzerwanego ich strumienia. Każda decyzja stanowi odizolowane zdarzenie. Wielkie przedsięwzięcia strategiczne często należą do tej kategorii. Właśnie w tej dziedzinie planowanie scenariuszowe nabiera szczególnego znaczenia.

Sięgając do definicji można stwierdzić, że: „Przedsięwzięcie jest to zbiór wzajemnie powiązanych czynności i zdarzeń względnie odosobnionych (wydzielonych), dobranych pod kątem osiągnięcia konkretnie określonego celu jednorazowego (niepowtarzalnego)<sup>87</sup>. Przedsięwzięcie w pojęciu systemowym można określić jako ścisłe i wszechstronne połączenie elementów typu środki materiałowo - techniczne, ludzie i procesy, dobranych rodzajowo i w ilościach gwarantujących osiągnięcie zamierzonego celu jednorazowego. Cel można interpretować jako konkretny rzeczywisty stan zjawisk lub działania, który może wystąpić w przyszłości. Określenie celu jednorazowego winno mieć postać mierzalną, która będzie pozwalała na wykonywanie badań realizacji przedsięwzięcia, określenie stopnia zaawansowania oraz stwierdzenie konkretnych różnic stanu faktycznego w stosunku do uprzednio przyjętego wzorca<sup>88</sup>. Z definicji przedsięwzięcia dokładnie wynika możliwość stosowania metod sieciowych jako formy opisu i kontroli przebiegu realizacji.

Przedsięwzięcie w odróżnieniu od działalności jednostek organizacyjnych charakteryzuje się dążeniem do osiągnięcia celu jednorazowego, który rzutuje na dobór elementów działających i relacji w systemie utworzonym dla jego realizacji".

*Przedsięwzięcia* traktuje się jako szczególny przypadek systemów, używając pojęć związanych z podejściem systemowym. Obejmują one

---

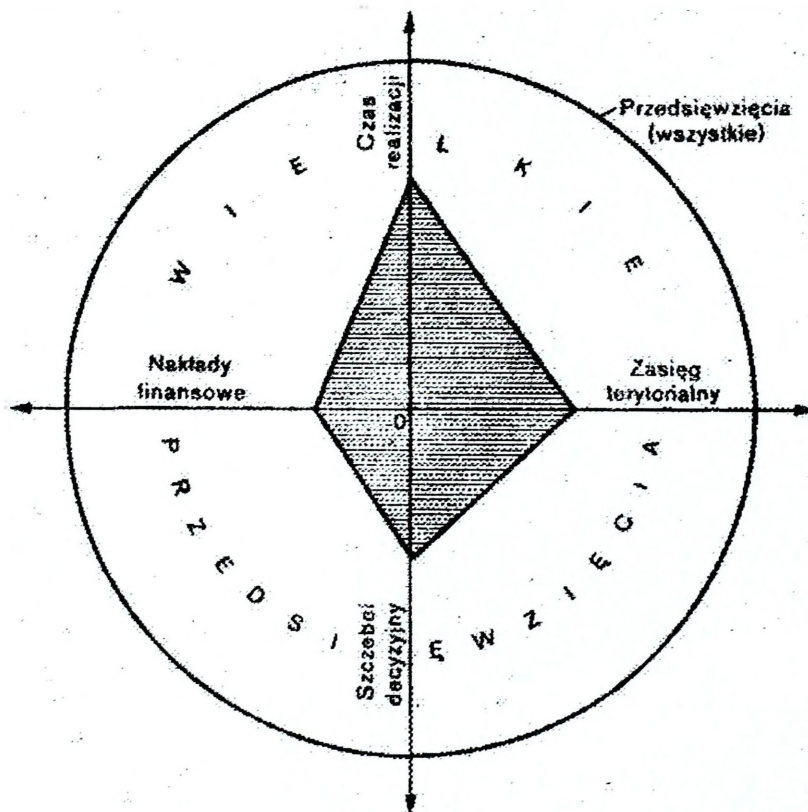
<sup>87</sup> Van der Heijden K. Planowanie scenariuszowe w zarządzaniu strategicznym ABC Kraków 2000.

<sup>88</sup> Jajuga T., K. Elementy teorii systemów i analizy systemowej AE Wrocław 2003.

przedsięwzięcia inwestycyjne (inwestycje rozwojowe, inwestycje modernizacyjne) oraz wszelkie inne przedsięwzięcia techniczno - ekonomiczne, jak przedsięwzięcia projektowe, przedsięwzięcia militarne, przedsięwzięcia organizacyjno - techniczne, przedsięwzięcia naukowo-badawcze, przedsięwzięcia organizacyjne itp.

W literaturze przedmiotu, mianem wielkiego przedsięwzięcia określają (rysunek 14) wszystkie przedsięwzięcia, które spełniają następujące warunki:

- nakłady finansowe,
- czas realizacji,
- zasięg terytorialny,
- szczebel decyzyjny<sup>89</sup>.



Rysunek 14. Wielkie przedsięwzięcie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Kees van der Hijden *Planowanie scenariuszowe w zarządzaniu strategicznym op.cit.*

W praktyce spotykamy się powszechnie z faktem rozpatrywania wielkości przedsięwzięcia w kontekście szczebla dowodzenia. Warto ponadto podkreślić fakt, że wielkość przedsięwzięcia, określona na podstawie

<sup>89</sup> Van der Heijden K. *Planowanie scenariuszowe w zarządzaniu strategicznym* ABC Kraków 2000.

najlepszych nawet kryteriów klasyfikacyjnych, nie wyznacza jednoznacznie odpowiednich metod planowania i kierowania jego realizacją. Konieczne jest jeszcze uwzględnienie potrzeb metodycznych właściwych różnym etapom realizacji przedsięwzięcia.

Przyszłość otoczenia sił powietrznych to nie tylko zjawiska ciągłe, ale również zmiany „nieciągłe”, które nie mogą być ekstrapolowane. Do analizy zmian nieciągłych wykorzystujemy metody scenariuszowe, w tym scenariusze możliwych zdarzeń. Te ostatnie są swoistą listą zdarzeń możliwych w przyszłości.

Procedura sporządzania scenariuszy otoczenia sił powietrznych może być następująca:

1. Określenie stanu sytuacji wyjściowej sił powietrznych według ich poszczególnych domen przez:

- ustalenie listy wcześniej podjętych decyzji o długofalowych konsekwencjach;
- ustalenie trendów (zmian ciągłych), charakteryzujących dotychczasowe zachowania otoczenia według poszczególnych jego sektorów.

2. Ocena możliwych zachowań otoczenia w bliższej i dalszej przyszłości w układzie:

- Jakich zmian należy się spodziewać?
- Co o tych zmianach zadecyduje?
- Jaki jest stopień prawdopodobieństwa zajścia tych zmian?

3. Ocena możliwych konsekwencji zaniechania przez nas działań zapobiegawczych:

- Jaka będzie pozycja sił powietrznych w sojuszu i w Europie?
- Jakie będą szanse przeciwdziałania zagrożeniom powietrznym?

4. Wnioski dotyczące podjęcia działań zapobiegawczych i strategii:

- Jakie zmiany wprowadzić i w jakiej skali?;
- rachunek działań: koszt-efekt;
- atrakcyjność zmian dla decydentów;
- możliwości realizacyjne.

5. Sprawdzenie wiarygodności dokonanych analiz i ocen - weryfikacja scenariuszy.

Scenariusze mogą pomóc uporać się z niepewnością na trzy sposoby. Przede wszystkim pomagają one lepiej zrozumieć otoczenie, umożliwiając zobaczenie wielu decyzji nie jako odizolowanych zdarzeń, ale jako części procesu wychodzenia na swoje, czyli odbijania sobie na jednym tego, co się straci na drugim. Tym samym planowanie scenariuszowe pomaga dowódcą (kierownikom) unikać niepotrzebnego konserwatyzmu, gdyż pozwala na podejmowanie skalkulowanego ryzyka. Po drugie, scenariusze umieszczają niepewność strukturalną na porządku dziennym funkcjonowania sił powietrznych, uzmysławiając im, jaki rodzaj wypadków tylko czeka na swoją kolej. Po trzecie, scenariusze pomagają zwiększyć zdolność przystosowawczą dzięki rozszerzeniu modeli myślowych i spotęgowaniu w ten sposób możliwości percepcyjnych potrzebnych do rozpoznawania niespodziewanych zdarzeń.

Rezultaty - wyniki badań uzyskane metodą scenariuszy ujmuje się syntetycznie w postaci bazowego zbioru informacji strategicznej o otoczeniu (informacja zewnętrzna).

Stwierdzić należy tylko, że powinna być ona wieloczynnikowa, oparta na analizie morfologicznej. Ta ostatnia polega na rozbiciu wszystkich możliwych działań (makroprocesów) na mikroprocesy, dla których można precyzyjnie określić siły, środki i sposoby działania adekwatne do założonych celów. Na przykład w ramach obronnej operacji powietrznej mogą być realizowane inne zadania: walka o przewagę w powietrzu, obrona powietrzna, zwalczanie potencjału militarnego przeciwnika, rozpoznanie, walka elektroniczna (informacyjna) czy transport powietrzny. Dla każdego z tych zadań określa się szczegółowe warianty operacyjne (działania).

Następnym krokiem w planowaniu strategii wojskowej sił powietrznych jest badanie synergii (korzystnych wzajemnych powiązań) w układzie: siły powietrzne - otoczenie. Celem tych działań planistycznych jest poszukiwanie najlepszych możliwości działania sił powietrznych.

Ocena sił i słabości bez porównania z oceną szans i zagrożeń nie ma strategicznej wymowy, mimo że obie procedury: analiza otoczenia i analiza sił powietrznych są ze sobą względnie powiązane. W badaniu synergii sił

powietrznych i otoczenia chodzi o powiązanie rezultatów analizy na poziomie ogólnych wniosków i postulowanie na tej podstawie uniwersalnych czynników sukcesu działań strategicznych. Wydaje się to szczególnie ważne dla kolejnego etapu planowania - formułowania alternatyw strategicznych. W tym względzie istotne jest zwłaszcza skojarzenie szans w otoczeniu i mocnych stron sił powietrznych, gdyż tylko rezultat tego skojarzenia określa potencjalne zdolności działania sił powietrznych.

Punktem wyjścia do formułowania opcji strategicznych jest sprecyzowanie problemu strategicznego. Sytuacja problemowa powstaje w chwili skonfrontowania zasobów sił powietrznych z kierunkami rozwoju otoczenia w kontekście ogólnych celów militarnych państwa. Należy, bowiem odpowiedzieć na pytanie, czy dotychczasowa strategia sił powietrznych jest jeszcze skuteczna, czy też powinna być zastąpiona inną, lepszą, tj. obiecującą większy sukces.

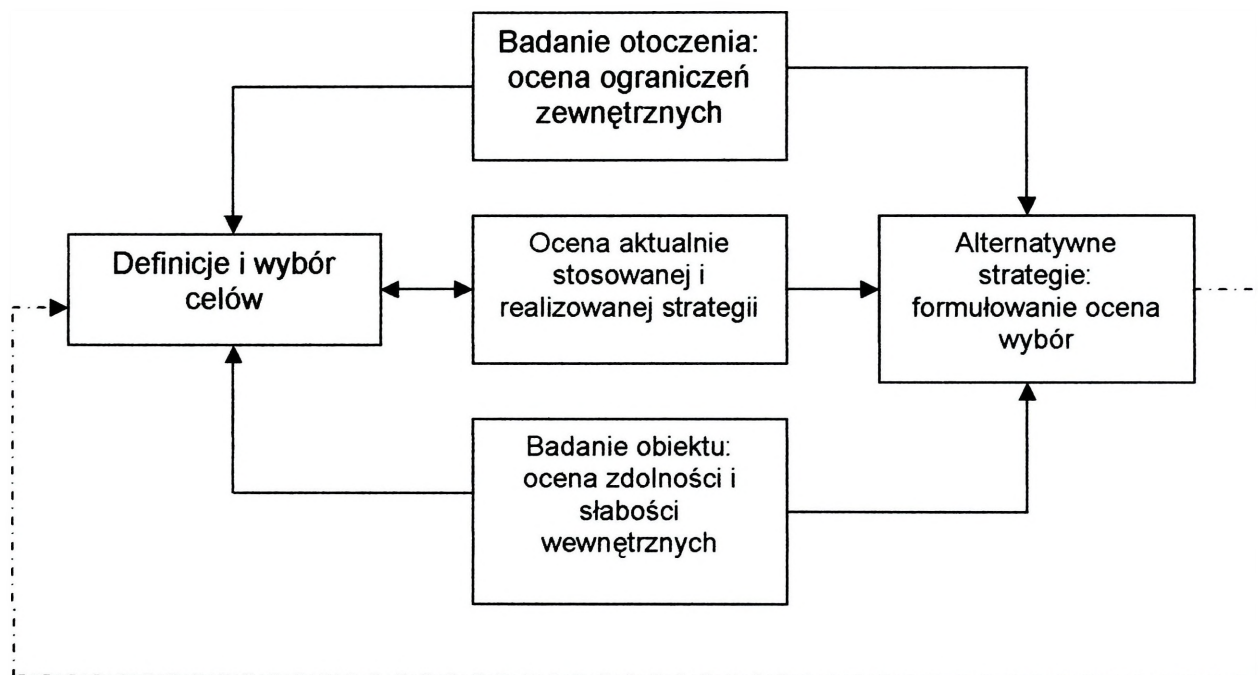
Formułując opcje strategiczne sił powietrznych w całości, należy wychodzić od założeń wynikających z przyjętej oceny zagrożeń. Jeśli - na przykład - państwo nie jest zagrożone pod względem militarnym z żadnego kierunku, to można sformułować następującą opcję strategiczną: samodzielność wojskowa, szybka i radykalna redukcja sił powietrznych, dalece posunięta przebudowa przemysłu obronnego.

W formułowaniu opcji strategicznych sił powietrznych w całości i dla ich domen przydatny jest bazowy zbiór informacji, będący rezultatem analizy otoczenia i organizacji.

Instytucjonalne zagwarantowanie sprawności i efektywności planowania scenariuszowego jest jednak kosztowne, w związku, z czym wypracowano koncepcję wielorakich możliwości. Jest to koncepcja planowania antycypacyjno - adaptacyjnego, oparta na jednej wersji planu, którego sukces zależy od stopnia trafności identyfikacji symptomów zagrożenia. Cechą charakterystyczną tego pierwowzoru planowania rozwoju jest głównie antycypacja ograniczeń i oparcie całego procesu działań planistycznych nie tyle na prognozach (te mogą być mylne, co stanowi dla sił powietrznych dysponujących tylko jednym planem, a nie ich zbiorem - zbyt duże ryzyko), ile na dedukcji wniosków wynikających ze zmian

otoczenia, które już nastąpiły lub zostały trafnie rozpoznane jako zmiany przewidywane w przyszłości.

Wyodrębnianie problemów i formułowanie celów nie stanowią tu odrębnego etapu procesu planowania. Cele wybierane są niejako poza procesem planowania, a uwaga planistów koncentruje się na ocenie dotychczasowej sytuacji i strategii sił powietrznych oraz dążeniu do jej zmiany. W innej, nowszej wersji planowania rozwoju bez użycia scenariuszy dokonuje się podziału na elementy składowe, dla których formułuje się strategie cząstkowe. Stanowią one później podstawę do formułowania globalnej strategii (rysunek 15).



Rysunek 15. Planowanie strategiczne w siłach powietrznych bez użycia metody scenariuszowej

Źródło Opracowanie własne na podstawie Kees van der Hijden *Planowanie scenariuszowe w zarządzaniu strategicznym*, op.cit.

Z metodologicznego punktu widzenia planowanie jest procesem rozwiązywania problemów. Na proces ten składają się różnorodne systemy analiz strategicznych, tj. analiz jakościowych, z których często stosuje się analizę strukturalną i sytuacyjną<sup>90</sup>. W analizach tych wykorzystuje się wiele rozmaitych metod i technik prognozowania, programowania i planowania, przywiązując wagę do badania oddziaływań między czynnikami współokreślającymi procesy rozwoju sił powietrznych oraz w szerokim zakresie stosując ujęcie macierzowe. We wszystkich nowszych koncepcjach planowania następuje w analizie strategicznej podział organizacji i otoczenia na tzw. obszary analizy strategicznej, w których przebiegają procesy postrzegania i identyfikacji problemów rozwoju oraz wyboru celów rozwoju, które mogą być osiągnięte za pomocą ujętych w planie strategii.

<sup>90</sup> Chauvet A., *Metody zarządzania – przewodnik*, Poltext, Warszawa 1997

## 4. BADANIA OPERACYJNE W PROCESIE DECYZYJNYM SIŁ POWIETRZNYCH

### 4.1 Zastosowanie modeli liniowych dla potrzeb decydowania w siłach powietrznych.

W wielu różnych sytuacjach identyfikowanych w ramach dowodzenia siłami powietrznymi dowódca decydent zmuszony jest do podejmowania decyzji. Sytuacje te nazywamy sytuacjami decyzyjnymi. Warunki, w jakich działa decydent, nie pozwalają na wybór dowolnej decyzji. Decyzje takie ograniczone są pewnymi warunkami wynikającymi z wpływu otoczenia bliższego i dalszego, w jakim siły powietrzne funkcjonują. Decyzję, która jest w zgodzie z warunkami ograniczającymi nazywamy decyzją dopuszczalną.

Nie każda decyzja dopuszczalna jest równie dobra. W świetle celów, jakie sobie stawia decydent, jedne decyzje mogą być lepsze, inne gorsze. Stąd wynika problem wyboru decyzji najlepszej, zwanej decyzją optymalną.

Wybór decyzji optymalnej wymaga przyjęcia określonego kryterium, według którego decydent (dowódca) ocenia decyzje jako lepsze lub gorsze. Kryterium to nazywamy kryterium wyboru lub oceny decyzji.

Opis określonej sytuacji decyzyjnej nazywamy problemem (zagadnieniem) decyzyjnym, w którym warunki ograniczające, kryterium wyboru i decyzje dają się opisać w języku matematycznym.

Warunki ograniczające najczęściej opisywane są za pomocą układów równań lub nierówności. W równaniach tych (lub nierównościach) występować będą pewne wielkości dane, zwane parametrami, oraz wielkości, które należy ustalić, zwane zmiennymi decyzyjnymi.

Oprócz warunków ograniczających w zadaniu decyzyjnym mogą także występować warunki dotyczące znaku zmiennych (np. warunek nieujemności) lub typu zmiennych (np. warunek ich ciągłości, całkowitoliczbowości lub binarności).

Decyzję dopuszczalną utożsamiamy z takim układem wartości zmiennych (układem liczb), które spełniają wszystkie warunki opisujące badaną sytuację. Rolę kryterium wyboru będzie pełnić pewna funkcja zmiennych decyzyjnych mierząca cel, który chce osiągnąć decydent (dowódca). Funkcją tę nazywa się funkcja celu.

Wybór decyzji optymalnej polega na ustaleniu takiej decyzji dopuszczalnej, przy której funkcja celu osiąga wartość najkorzystniejszą, tzn. w zależności od badanej sytuacji wartości minimalną lub maksymalną.

Opisanie sytuacji decyzyjnej w języku matematycznym ma na celu sprowadzenie problemu wyboru najlepszego decyzji do rozwiązania pewnego jednoznacznie określonego zadania matematycznego. Aby rozwiązanie takiego zadania rzeczywiście umożliwiło wybór najlepszej decyzji, trzeba je tak sformułować, by dokładnie opisywało ono daną sytuację decyzyjną. Należy zatem ustalić<sup>91</sup>:

1. jakie wielkości mają być wyznaczone i odpowiednio je oznaczyć (tzn. należy podać zmienne decyzyjne),
2. jakie wielkości są dane ( określić parametry zadania),
3. jakie warunki ograniczające musi spełnić dopuszczalne decyzje i sformułować je w postaci równania lub nierówności wiążących zmienne decyzyjne (zapisać warunki ograniczające),
4. cel, jaki chce osiągnąć decydent oraz sformułować funkcję zmiennych decyzyjnych określającą stopień osiągnięcia celu (podać funkcję celu).

Jeżeli w zadaniu decyzyjnym funkcja celu oraz warunki ograniczające są liniowe, to zadanie takie nazywamy liniowym modelem optymalizacji.

Modele optymalizacji liniowej stanowią najliczniejszą i najbardziej rozpowszechnioną grupę modeli matematycznych dotyczących wyboru decyzji optymalnej, tj. takiej, która przy istniejących ograniczeniach zapewnia, ze względu na przyjęte kryterium, najlepszą realizację określonego zamierzenia - celu.

Proces budowy modelu umożliwiającego wyznaczenie decyzji optymalnej składa się z czterech etapów<sup>92</sup>:

1. zdefiniowania pojęcia decyzji,
2. ustalenia warunków wyznaczających zbiór decyzji dopuszczalnych  $D$ ,
3. przyjęcia miernika oceny stopnia (poziomu) realizacji założonego celu przez każdą z decyzji dopuszczalnych,
4. określenia pojęcia decyzji optymalnej przy przyjętym mierniku oceny.

<sup>91</sup> Wagner M.H., Badania operacyjne PWE Warszawa 1990

<sup>92</sup> Tamże

Otrzymany w takim postępowaniu model wyboru decyzji optymalnej jest zadaniem optymalizacji liniowej, gdy<sup>93</sup>:

- Sformułowany problem decyzyjny pozwala na ilościowe ujęcie rezultatów każdego z wymienionych etapów budowy modelu.
- Jego zapis formalny ma niżej wymienione własności:
  - Dowolną decyzję można wyrazić za pomocą nieujemnych wartości liczbowych  $k$  zmiennych - *zmiennych decyzyjnych*, tzn. dowolną decyzję można zapisać jako wektor  $X = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_k]$ , w którym  $x_j \geq 0$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) oznacza określoną wartość  $j$ -tej zmiennej decyzyjnej, a liczba  $k$  -liczbę zmiennych decyzyjnych, wynikającą z treści modelowanego problemu.
  - Ograniczenia dotyczące swobody wyboru decyzji (definiujące zbiór  $D$  można zapisać w postaci układu nierówności lub równań liniowych, jakie muszą spełniać wartości zmiennych decyzyjnych  $x_1, x_2, \dots, x_k$ , tzn. zapis formalny ograniczenia można przedstawić za pomocą nierówności:  $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k \leq b$  lub  $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k \geq b$  albo równania:  $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_kx_k = b$
  - Ocenę stopnia osiągnięcia celu przez decyzję dopuszczalną  $x$  wyraża wartość pewnej funkcji liniowej  $f$  (*funkcji celu*), określonej na zbiorze  $D$ . Miernikiem oceny jest więc funkcja:
$$f(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_kx_k.$$
  - Ustalenie, czy decyzja optymalna  $x^\circ$  ma być tą spośród decyzji dopuszczalnych, która zapewnia, że  $f(x^\circ)$  jest największą (*maksymalną*) czy też jest najmniejszą (*minimalną*) wartością funkcji celu  $f$  osiąganą na zbiorze  $D$ .

Wiele praktycznych zagadnień wynikających z praktyki dowodzenia siłami powietrznymi może być sformułowanych jako modele programowania liniowego.

---

<sup>93</sup> Trzaskalik T., *Badania operacyjne z komputerem*, seria: *Metody badań operacyjnych*, Absolwent, Łódź, 1997.

#### 4.1.1 Model ogólny zagadnienia programowania liniowego

Znaleźć  $n$  liczb rzeczywistych  $x_1, x_2, \dots, x_n$  spełniających ograniczenia

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, r; r \geq 0)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = r+1, r+2, \dots, r+s; s \geq 0)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \quad (i = r+s+1, r+s+2, \dots, r+s+m; m \geq 0),$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_t \geq 0 \quad (t \geq 0)$$

dla których funkcja celu

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

przyjmuje wartość ekstremalną (maksymalną lub minimalną) oraz wyznaczyć wartość funkcji celu w punkcie ekstremalnym.

Współczynniki

$$a_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n, 0), \quad c_j \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

są stałymi (liczbami rzeczywistymi) i są znane w powyższym zagadnieniu.

#### 4.1.2 Model standardowy zagadnienia programowania liniowego

Znaleźć  $n$  liczb rzeczywistych  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , spełniających ograniczenia

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i \quad \text{oraz } b_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m; m < n)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n)$$

dla których funkcja celu

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

osiąga wartość minimalną oraz wyznaczyć wartość funkcji celu w punkcie minimalnym.

Wprowadzając oznaczenia:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}, 0_n = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$c = [c_1, c_2, \dots, c_n]$$

zagadnienie programowania liniowego można zapisać zwięźlej:

Znaleźć wektor  $x \in R^n$  spełniający ograniczenia

$$\begin{aligned} Ax &= B, \\ x &\geq 0_n, \end{aligned}$$

dla którego funkcja celu

$$F(x) = z(x) = cx$$

osiąga wartość minimalną oraz obliczyć wartość funkcji celu w tym punkcie.

### 4.1.3 Interpretacja geometryczna liniowych modeli optymalizacji

Zadanie programowanie liniowego (PL) może mieć rozwiązanie dopuszczalne lub być zadaniem sprzecznym, nie mającym rozwiązania dopuszczalnego. Jeżeli zadanie PL ma rozwiązanie dopuszczalne, to zachodzi jedna z trzech możliwości:

1. istnieje jedno rozwiązanie optymalne,
2. istnieje wiele rozwiązań optymalnych,
3. brak rozwiązania optymalnego.

W przypadku dwóch zmiennych bardzo łatwo jest znaleźć rozwiązanie optymalne lub pokazać, że go nie ma. Stosujemy wówczas metodę geometryczną. Ze względu na ograniczenia dotyczące liczby zmiennych nie ma ona jednak dużego znaczenia praktycznego, pozwala doskonale zilustrować procedurę znajdowania rozwiązania optymalnego.

Problem znajdowania rozwiązania zadania programowania liniowego metodą geometryczną sprowadza się do<sup>94</sup>:

1. wyznaczenia półpłaszczyzny odpowiadającej poszczególnym nierównościom,
2. znalezienia części wspólnej dla wszystkich półpłaszczyzn, czyli zbioru rozwiązań dopuszczalnych,
3. wyszukania w zbiorze rozwiązań dopuszczalnych rozwiązania najlepszego dla przyjętej funkcji celu.

Jeżeli zbiór rozwiązań dopuszczalnych jest zbiorem pustym lub zbiorem nieograniczonym w kierunku wzrostu wartości funkcji celu dla zadania na maksimum bądź spadku dla zadania na minimum, to zadanie nie ma rozwiązania optymalnego.

#### PRZYKŁAD 1

Składnica środków materiałowych zaopatruje dwa rodzaje jednostek  $A_1$  i  $A_2$  w cztery grupy środków  $B_1, B_2, B_3, B_4$ . Dla zaopatrzenia jednej jednostki  $A_1$

<sup>94</sup> Trzaskalik T., *Badania operacyjne z komputerem*, seria: *Metody badań operacyjnych*, Absolwent, Łódź, 1997.

potrzeba 4 tony środków B<sub>1</sub>, 1,5 tony środków B<sub>2</sub>; 2,5 tony środków B<sub>3</sub>. Dla zaopatrzenia jednej jednostki A<sub>2</sub> potrzeba 3 tony środków B<sub>1</sub>, 3 tony środków B<sub>2</sub>; 2 tony środków B<sub>3</sub> i 2 tony środków B<sub>4</sub>. W ciągu jednego dnia składnica powinna wydać nie mniej niż 16 ton środka B<sub>1</sub> 15 ton środków B<sub>2</sub> oraz nie więcej niż 20 ton środków B<sub>3</sub> i 12 ton środków B<sub>4</sub>. Do załadunku tych środków materiałowych na odpowiednie środki transportu wyznaczono grupę załadowczą, która może załadować środki przeznaczone dla jednostki A<sub>1</sub> w ciągu 70 minut a dla jednostki A<sub>2</sub> - w ciągu 90 minut. Należy określić ile jednostek A<sub>1</sub> i A<sub>2</sub> może składnica zaopatrzyć w ciągu dnia mając na uwadze, to aby łączny czas pracy grupy załadowczej był jak najkrótszy. Oznaczmy przez x<sub>1</sub> - ilość jednostek A<sub>1</sub> zaopatrywanych w ciągu dnia przez x<sub>2</sub> ilość jednostek A<sub>2</sub> zaopatrywanych w ciągu dnia.

Funkcja optymalizacyjna ma postać  $F(x_1, x_2) = 70x_1 + 90x_2 \rightarrow \min$

Przy ograniczeniach

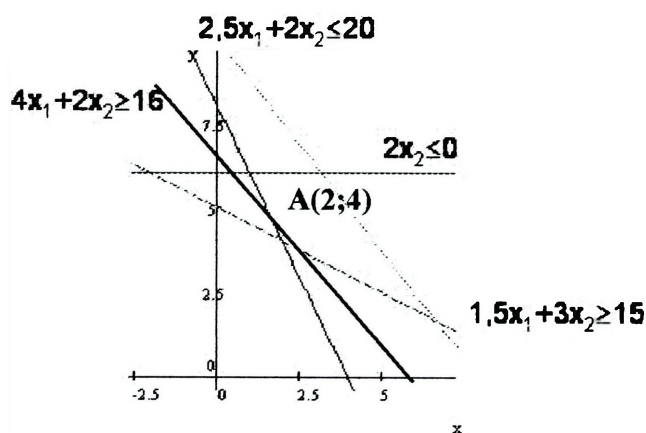
$$4x_1 + 2x_2 \geq 16$$

$$1,5x_1 + 3x_2 \geq 15$$

$$2,5x_1 + 2x_2 \leq 20$$

$$2x_2 \leq 12$$

$$x_2 \geq 0; x_1 \geq 0$$



Rysunek 16. Interpretacja graficzna rozwiązania przykładu:

Rozwiązanie optymalne zadania jest następujące  $x_1=2$   $x_2=4$  dla tych wartości zmiennych decyzyjnych funkcja kryterialna przyjmuje wartość  $F(2,4) = 8 \frac{1}{3}$  godz., Zatem w ciągu dnia składnica może zaopatrzyć dwie jednostki A<sub>1</sub> i cztery jednostki A<sub>2</sub> a minimalny czas pracy grupy załadowczej wynosi 8 godz, i 20 minut.

## PRZYKŁAD 2

Należy systemy uzbrojenia  $m$  typów przydzielić  $n$  nosicielom, przy czym dane są ilości poszczególnych systemów uzbrojenia  $b_i$   $i=1, 2, \dots, n$  oraz możliwości ich przydziału poszczególnym nosicielom  $a_{ij}$ ,  $i=1, 2, \dots, n$ . Ponadto znane są prawdopodobieństwa zniszczenia nosicieli systemów uzbrojenia  $p_i$   $i=1, 2, \dots, n$ . Jeżeli oznaczymy przez  $x_j$   $j=1, 2, \dots, n$  liczbę nosicieli to funkcja kryterialna może mieć postać

$$F(x) = \sum_{i=1}^n p_i x_i \rightarrow \min$$

a w zadaniu optymalizacyjnym funkcję celu należy minimalizować przy wskazanych ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \rightarrow b_i, i = 1, 2, \dots, m$$

Funkcja celu dla podanego przykładu będzie minimalizować straty nosicieli i można ją wyrazić w poniższej formie:

$$F(x) = 0.4x_1 + 0.5x_2 + 0.2x_3 + 0.8x_4 + 0.6x_5 + 0.3x_6 \rightarrow \min$$

Przy ograniczeniach wynikających z treści problemu:

$$4x_1 + x_4 \geq 16$$

$$2x_2 + x_5 \geq 10$$

$$x_3 + x_4 + 6x_5 \geq 76$$

$$4x_1 + 3x_2 + x_6 \geq 24$$

$$x_j \geq 0; j = 1, \dots, 4$$

Otrzymujemy macierz

	Typ X1	Typ X2	Typ X3	Typ X4	Typ X5	Typ X6	$b_i$
Min p-stwa strat	0,4	0,5	0,2	0,8	0,6	0,3	
Uzbrojenie typu C1	4	0	0	1	0	0	16
Uzbrojenie typu C2	0	2	0	0	1	0	10
Uzbrojenie typu C3	0	0	1	2	6	0	76
Uzbrojenie typu C4	4	3	0	0	0	1	24

## Rozwiązanie

Lp	Zmienne	Wartość zmiennej	Wartość p- stwa C(j)	Rezultat
1	X1	6,0	0,4	2,4
2	X2	0	0,5	0
3	X3	0	0,2	0
4	X4	0	0,8	0
5	X5	12,7	0,6	7,6
6	X6	0	0,3	0
Wartość funkcji celu (Min.) =10,0				

Optymalne rozwiązanie zadania jest następujące  $x_1=6$ ;  $x_2=0$ ;  $x_3=0$ ;  $x_4=0$ ;  $x_5=12,7$ ;  $x_6=0$  a wówczas funkcja celu będzie minimalna,  $F(x) = 10$  gdy zostaną użyte nosiciele pierwszego typu, 6 nosicieli a piątego 12. Wynika z tego, że w tej sytuacji nie należy uzbrajać nosicieli typu 2, 3, 4 i 6 oczekiwane straty nosicieli wyposażonych w wymaganą ilość uzbrojenia nie powinny być większe niż  $10^{95}$

Szczególnym przypadkiem optymalizacji liniowej jest binarne zadanie optymalizacji liniowej, zwane także programowaniem liniowym zerojedynkowym. W zadaniach tych zmienna decyzyjna przyjmuje tylko dwie wartości 1 lub 0. Przykładowo zadanie tego typu może mieć postać:

$$F(x) = \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq b_i \rightarrow b_i, i = 1, 2, \dots, m$$

$$x_j = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, i = 1, 2, \dots, n$$

$$c_j \geq 0$$

Klasycznym zadaniem binarnym optymalizacji liniowej jest tzw. zadanie komiwojażera, należy "odwiedzić"  $(n-1)$  punktów i powrócić do punktu startu. W jakiej kolejności należy te punkty "odwiedzać" pod warunkiem, że każdy punkt jest odwiedzany jeden i tylko jeden raz, aby droga przebyta była jak najkrótszą. Z zadania wynika, że dane jest macierz  $C = c_i$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) odległości /lub kosztów/ między punktami i poszukuje się macierzy  $X = [x_{ij}]$ , takiej, aby minimalizowana była funkcja

<sup>95</sup> Przyjęte prawdopodobieństwa i warunki zadania ze względu na charakter pracy są dalekie od rzeczywistych dlatego podane dane w zadaniu mogą spełniać funkcję edukacyjną.

$$F(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \qquad \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1$$

gdzie:

$x_{ij} = 1$  - gdy przebywana jest droga z punktu  $i$  do punktu  $j$

$x_{ij} = 0$  – przeciwnym przypadku

### PRZYKŁAD 3<sup>96</sup>

Bateria dysponuje pięcioma rakietami przeznaczonymi do niszczenia celów. Prawdopodobieństwa pij zniszczenia  $i$ -tą raketą  $j$ -tego celu przedstawiono w tabeli. Należy dokonać optymalnego przydziału rakiet do niszczenia celów, tzn. takiego przydziału, który maksymalizuje wartość oczekiwaną liczby zniszczonych celów

Tabela

	1	2	3	4	5
1	0.12	0.02	0.5	0.43	0.15
2	0.71	0.18	0.81	0.05	0.26
3	0.84	0.76	0.26	0.37	0.52
4	0.22	0.45	0.83	0.81	0.65
5	0.49	0.02	0.50	0.26	0.67

Zadanie optymalizacji ma postać

$$F(x) = \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 p_{ij} x_{ij}$$

gdzie jeżeli rakietą niszczy cel przypisujemy wartość 1 w przeciwnym wypadku zero

$x_{ij} = 1$  jeżeli  $i$ -ta rakietą niszczy  $j$ -ty cel;

<sup>96</sup> Sienkiewicz P. Teoretyczne podstawy optymalizacji w systemach dowodzenia AON  
Warszawa 1996

$x_{ij} = 0$  w przeciwnym przypadku

Ograniczenia wynikają z liczby celów i rakiet:

$$\sum_{j=1}^5 x_{ij} = 1, i = 1, \dots, 5$$

$$\sum_{i=1}^5 x_{ij} = 1, j = 1, \dots, 5$$

$$x_{ij} \geq 0$$

Rozwiązanie zadania przedstawia tabela

Tabela

	1	2	3	4	5
1				1	
2			1		
3		1			
4					1
5	1				

Wartość oczekiwana liczby zniszczonych celów przyjmuje wartość maksymalną, gdy rakieta nr 1 niszczy cel nr 4. Rakieta nr 2 niszczy cel nr 3, rakieta nr 3 niszczy cel nr 2, rakieta nr 4 niszczy cel nr 5 a rakieta nr 5 niszczy cel nr 5.

Uniwersalną metodą rozwiązywania programów liniowych jest algorytm „Simpleks”. Istota algorytmu polega na badaniu kolejnych rozwiązań bazowych (dopuszczalnych) w taki sposób, że<sup>97</sup>:

- znajdujemy (dowolne) rozwiązanie bazowe programu;
- sprawdzamy czy jest ono optymalne;
- jeżeli dane rozwiązanie bazowe nie jest optymalne konstruujemy następne (lepsze).

Postępowanie kończymy w momencie osiągnięcia optymalnego rozwiązania bazowego.

Zapis modelu w postaci macierzowej:

<sup>97</sup> Wagner M.H., Badania operacyjne PWE Warszawa 1990

$$F(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j,$$

$$Ax \leq b;$$

$$x_j \geq 0$$

gdzie :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}, \quad c = |c_1 \quad c_2 \quad \dots \quad c_n|$$

Przed przystąpieniem do budowy pierwszej tablicy Simpleks zmieniamy wszystkie nierówności na równania przez wprowadzenie nowych zmiennych (*swobodnych*), które stanowią początkowe rozwiązanie bazowe.

W przypadku nierówności typu  $\geq$  od lewej strony odejmujemy zmienne swobodne i dodajemy *zmiennie sztuczne*. Zmienne sztuczne wchodzi do pierwszej bazy. Do definicji celu zmienne swobodne wchodzi z współczynnikami = 0 a zmienne sztuczne ze współczynnikami  $M$  ( $M \rightarrow \infty$ )<sup>98</sup>.

#### PRZYKŁAD 4

Należy zniszczyć cel grupowy składający się z trzech celów cząstkowych minimalną liczbą rakiet. Dysponujemy trzema rodzajami rakiet w wystarczającej ilości. Wymaga się aby straty wyrządzone w każdym z celów cząstkowych wyniosły 100% . Stopień skuteczności rakiet każdego typu wyrażono w procentach cij. Jest on różny w zależności od rodzaju celu cząstkowego (tabela)

Tabela

cel \	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	9	4	2
A <sub>2</sub>	5	2	8
A <sub>3</sub>	7	10	6

Przez  $x_i$ ,  $i=1, 2, 3$  oznaczmy liczbę pocisków  $i$ -tego typu. Wielkość strat przeciwnika rośnie proporcjonalnie do liczby wykonanych strzelań. Zadanie polega na ustaleniu liczby rakiet każdego rodzaju, którymi należy ostrzelać cel grupowy aby suma zużytych rakiet była jak najmniejsza.

<sup>98</sup> Wagner M.H., Badania operacyjne PWE Warszawa 1990

Zadanie programowania liniowego polega na minimalizacji funkcji celu:

$$F(x) = \sum_{j=1}^3 x_j \rightarrow \min,$$

przy ograniczeniach wynikających z warunków zadania

$$9x_1 + 4x_2 + 2x_3 \geq 100$$

$$5x_1 + 2x_2 + 8x_3 \geq 100$$

$$7x_1 + 10x_2 + 6x_3 \geq 100$$

$$x_j \geq 0$$

Tablica bazowa do przykładu 4

Rakiety \ Cele	X1	X2	X3		
Min	1	1	1		
C1	9	4	2	>=	100
C2	5	2	8	>=	100
C3	7	10	6	>=	100

#### 4.1.4 Idea metody simpleks:

- zbiór rozwiązań dopuszczalnych jest wypukły, domknięty, o skończonej liczbie wierzchołków
- wszystkie bazowe rozwiązania dopuszczalne odpowiadają wierzchołkom zbioru rozwiązań dopuszczalnych
- metoda simpleks jest iteracyjną procedurą przechodzenia od jednego bazowego rozwiązania dopuszczalnego do drugiego, do momentu znalezienia rozwiązania optymalnego
- punkt startowy pierwsze bazowe rozwiązanie dopuszczalne
- liczba zmiennych większa od liczby ograniczeń
- wszystkie zmienne decyzyjne nieujemne
- metoda simpleks generuje w każdej iteracji jedno bazowe rozwiązanie dopuszczalne, które nie jest gorsze od poprzedniego.

- gdy wartość funkcji celu nie może być już w ten sposób poprawiona, znaczy to, że wyznaczone bazowe rozwiązanie dopuszczalne jest rozwiązaniem optymalnym

#### Etapy metody simpleks

1. Ustala się wstępną postać bazową i odpowiadające jej wstępne rozwiązanie bazowe.
2. Sprawdza się przy użyciu tzw. kryteriów simpleks, czy dane rozwiązanie bazowe jest optymalne. Jeśli tak, to STOP - znaleziono rozwiązanie optymalne. Jeśli nie, to 3.
3. Tworzy się nową bazę będącą modyfikacją poprzedniej bazy taką, że
  - a) kierując się określonymi regułami z bazy, usuwa się jedną zmienną dotychczas bazową;
  - b) na jej miejsce, na dopuszczalnie największym poziomie, wprowadza się tę zmienną dotychczas niebazową, dla której kryterium simpleks jest najkorzystniejsze.
4. Określa się nową postać bazową odpowiadającą tej nowej bazie oraz nowe rozwiązanie bazowe.

Po czym przechodzi się do punktu 2

#### Etap przygotowawczy metody Simpleks. Wstępna postać bazowa

Przed rozwiązywaniem zadania metodą simpleks należy sformułować zadanie w postaci kanonicznej i to takiej, że w macierzy współczynników występują wektory tworzące macierz jednostkową  $I_B$  stopnia  $r$  ( $r$  - liczba warunków).

Zmienne związane z tymi wektorami są wstępnymi zmiennymi bazowymi.

Ponadto należy doprowadzić do tego, że warunki znakowe orzekają nieujemność zmiennych, tzn.  $x_i \geq 0$ , a wektor wyrazów wolnych nie ma składowych ujemnych.

Jeśli w macierzy współczynników postaci kanonicznej nie ma tylu wektorów jednostkowych, ażeby tworzyły one macierz jednostkową, to:

- a) albo na drodze elementarnych przekształceń wierszowych, przekształcamy macierz współczynników tak, żeby wystąpiła w niej macierz  $I_B$ ,
- b) albo "sztucznie" tworzymy taką macierz, uzupełniając macierz współczynników o odpowiednią liczbę brakujących wektorów jednostkowych.

Jest to tzw. metoda sztucznej bazy.

## Zmienne sztuczne

Zmienna sztuczna jest to zmienna związana z wprowadzonym dodatkowo wektorem jednostkowym. Każdemu takiemu wektorowi odpowiada jemu właściwa zmienna sztuczna.

Waga zmiennej sztucznej w funkcji celu jest taka, że nie jest opłacalne pozostawianie tej zmiennej w rozwiązaniu (jest bardzo duża dodatnia w wypadku zadania na minimum oraz ujemna i co do modułu bardzo duża - w wypadku zadania na maksimum).

Użycie zmiennych sztucznych jest tylko chwytem rachunkowym, czynionym po to, by we wstępnej postaci bazowej wystąpiła macierz jednostkowa  $I_B$ .

Jeśli w rozwiązaniu optymalnym pozostanie jakaś zmienna sztuczna na poziomie niezerowym, znaczy to, że zadanie decyzyjne jest sprzeczne.

W wersji simpleksowej zadania decyzyjnego wystąpić mogą więc trzy rodzaje zmiennych:

- "oryginalne" zmienne decyzyjne,
- zmienne swobodne
- zmienne sztuczne.

W metodzie simpleks postać bazową przedstawia się zazwyczaj w formie tzw. **tablicy simpleksowej**. W przykładzie tablica ta mogłaby mieć formę:

Pierwsza tablica simpleksowa dla podanego przykładu 6

Zmienne bazowe		X1	X2	X3	SC1	SC2	SC3	AC1	AC2	AC3	Wynik	Iloraz
Baza	C(j)	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0		
AC1	M	9,0	4,0	2,0	-1,0	0	0	1,0	0	0	100,0	11,1
AC2	M	5,0	2,0	8,0	0	-1,0	0	0	1,0	0	100,0	20,0
AC3	M	7,0	10,0	6,0	0	0	-1,0	0	0	1,0	100,0	14,3
	C(j)-Z(j)	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0	0	
	Big M	-21,0	-16,0	-16,0	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	

W macierzy współczynników postaci kanonicznej nie ma podmacierzy jednostkowej stopnia  $r = 3$ . Występują wprawdzie kolumny  $[0 \ 0 \ -1]$  związana ze zmiennymi swobodnymi (SC1, SC2, SC3), ale brak jest wektorów  $[1 \ 0 \ 0]'$  oraz  $[0 \ 1 \ 0]$ ,  $[0 \ 0 \ 1]$ . Żeby uzyskać brakujące wektory jednostkowe, wprowadzamy:

- zmienne sztuczne (AC1, AC2, AC3) z kolumną współczynników  $[1 \ 0 \ 0]$ ,

[010],. [001].

Ponieważ zadanie jest na minimum, więc wagi zmiennych sztucznych będą w stosunku do wag autentycznych są bardzo duże<sup>99</sup>.

Danej zmiennej  $x_j$ . przy danej bazie odpowiada jej właściwe kryterium simpleks  $KS_j$

Kryteria simpleks dla zmiennych bazowych zawsze są zerowe, natomiast dla zmiennych niebazowych mogą być zerowe i niezerowe.

Kryterium simpleks dla zmiennej niebazowej określa o ile (w stosunku do wartości w danym rozwiązaniu bazowym) zmieni się wartość funkcji celu, jeśli tę zmienną niebazową wprowadzi się do rozwiązania na poziomie jednostkowym.

Kryterium simpleks dla zmiennej  $x_j$  określone jest wzorem

$$KS_j = c_j - z_j$$

gdzie  $c_j$  –waga zmiennej

$z_j$  – jest iloczynem kolumny współczynników postaci bazowej i odpowiadającej zmiennej  $x_j$  przez kolumnę wag zmiennych bazowych

Za pomocą kryterium simpleks można ocenić:

- Czy dane rozwiązanie bazowe jest optymalne:
- Czy istnieje jedno, czy też więcej bazowych rozwiązań optymalnych :
- Które zmienne nie bazowe oplaca się wprowadzić do rozwiązania..

Druga tablica simpleksowa do przykładu 6

Zmienne bazowe		X1	X2	X3	SC1	SC2	SC3	AC1	AC2	AC3	Wynik	Iloraz
Baza	C(j)	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0		
X1	1,0	1,0	0,4	0,2	-0,1	0	0	0,1	0	0	11,1	50,0
AC2	M	0	-0,2	6,9	0,6	-1,0	0	-0,6	1,0	0	44,4	6,5
AC3	M	0	6,9	4,4	0,8	0	-1,0	-0,8	0	1,0	22,2	5,0
	C(j)- Z(j)	0	0,6	0,8	0,1	0	0	-0,1	0	0	11,1	
	Big M	0	-6,7	-11,3	-1,3	1,0	1,0	2,3	0	0	0	

### Ustalanie zmiennej niebazowej, którą należy wprowadzić do rozwiązania

Rozwiązanie bazowe nie jest optymalne, gdy przynajmniej dla jednej zmiennej

<sup>99</sup> Taką zmienną sztuczną – bardzo dużą oznacza się literą M

niebazowej kryterium simpleks jest:

- w zadaniach na maksimum dodatnie,
- w zadaniach na minimum ujemne.

W takiej sytuacji można poprawić wartość funkcji celu poprzez wprowadzenie tej zmiennej niebazowej do rozwiązania. Jeśli dane rozwiązanie bazowe nie jest optymalne, do rozwiązania wprowadza się tę zmienną niebazową, dla której kryterium simpleks jest:

w wypadku zadania na maksimum - największe (i dodatnie),  
w wypadku zadania na minimum - najmniejsze (i ujemne).

Rozwiązanie bazowe jest optymalne, gdy kryteria simpleks dla wszystkich zmiennych niebazowych są:

- w zadaniach na maksimum zerowe lub ujemne (czyli niedodatnie),
- - w zadaniach na minimum zerowe lub dodatnie (czyli nieujemne).

Reguła ta wynika z interpretacji kryteriów simpleks. Jeśli bowiem efektem wprowadzenia zmiennej niebazowej do rozwiązania będzie albo brak zmian funkcji celu (na co wskazuje zerowe kryterium simpleks), albo pogorszenie funkcji celu (wzrost - w zadaniu na minimum, spadek - w zadaniu na maksimum), oznacza to, że rozwiązania już nie poprawimy, czyli oznacza, że dane rozwiązanie jest najlepsze.

W przykładzie do bazy wchodzi zmienna  $x_1$  gdyż jej kryterium simpleksowe jest największe a bazę opuszcza zmienna sztuczna AC1 dlatego bo jej iloraz był najmniejszy (druga tablica simpleksowa do przykładu 6)

Trzecia tablica simpleksowa do przykładu 6

Zmienne bazowe		X1	X2	X3	SC1	SC2	SC3	AC1	AC2	AC3	Wynik	Iloraz
Baza	C(j)	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0		
X1	1,0	1,0	0,1	0,0	-0,2	0	0,1	0,2	0	-0,1	10,0	200,0
AC2	M	0,0	-10,9	0,0	-0,6	-1,0	1,5	0,6	1,0	-1,5	10,0	6,5
X3	1,0	0,0	1,5	1,0	0,2	0	-0,2	-0,2	0	0,2	5,0	M
	C(j)-Z(j)	0	-0,6	0	0,0	0	0,2	0,0	0	-0,2	15,0	
	Big M	0	10,9	0	0,6	1,0	-1,5	0,3	0	2,5	0	

Jest zrozumiałe, że zmienną niebazową dającą poprawę rozwiązania opłaca się

wprowadzać na możliwie największym dopuszczalnym poziomie.

Poziom ten określany jako najmniejszy z ilorazów typu: "wartość zmiennej bazowej przez współczynnik postaci bazowej występujący w wierszu zmiennej bazowej i kolumnie wprowadzanej zmiennej niebazowej".

Pod uwagę bierze się tylko przypadki, gdy współczynnik postaci bazowej jest dodatni.

Ponieważ przejście do nowej bazy sprowadza się tylko do wymiany jednej zmiennej bazowej, dlatego "nową" postać bazową określa się zazwyczaj na podstawie "starej" postaci bazowej. Mianowicie dokonuje się takich elementarnych przekształceń na wierszach macierzy współczynników "starej" postaci bazowej, w których wyniku przy zmiennych bazowych nowej bazy wystąpi macierz jednostkowa.

W macierzy tej:

- -wektor jednostkowy związany ze zmienną bazową "przechodzącą" ze "starej" bazy jest taki, jak w "starej" postaci bazowej;
- -wektor jednostkowy związany ze zmienną wprowadzoną jest taki, jak wektor przy zmiennej, którą usunięto ze "starej" bazy.

Czwarta tablica simpleksowa do przykładu 6

Zmienne bazowe		X1	X2	X3	SC1	SC2	SC3	AC1	AC2	AC3	Wynik
Baza	C(j)	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0	
X1	1,0	1,0	0,5	0,0	-0,1	0,0	0	0,1	0,0	0	9,7
SC3	0	0	-7,0	0	-0,4	-0,6	1,0	0,4	0,6	-1,0	6,5
X3	1,0	0,0	0,0	1,0	0,1	-0,1	0	-0,1	0,1	0	6,5
	C(j)-Z(j)	0	0,6	0	0,0	0,1	0	0,0	-0,1	0	16,1
	* Big M	0	0	0	0	0	0	1,0	1,0	1,0	0

Tabela rezultatów

	Zmienne	Wartość	C(j)		Status
1	X1	9,7	1,0	0	bazowa
2	X2	0	1,0	0,6	niebazowa
3	X3	6,5	1,0	0	bazowa

#### 4.1.5 Wyprowadzenie zrewidowanej metody simpleks

Rozważmy zagadnienie programowania liniowego w standardowej postaci i załóżmy, że macierz  $A$  jest rzędu  $m$  jeśli  $B$  jest dowolną nieosobliwą podmacierzą stopnia  $m$  macierzy  $A$ , a  $N$  jest pozostałą podmacierzą  $A$ , to możemy zapisać w postaci

$$[B, N] \begin{bmatrix} x_B \\ x_N \end{bmatrix} = b$$

gdzie  $x_B$  i  $x_N$ , mają odpowiednio,  $m$  i  $n$  - składowych. Wygodnie jest założyć, że  $B$  składa się z pierwszych  $m$  kolumn macierzy  $A$ .

Jeśli  $x_N = 0$ , to rozwiązanie nazywa się **rozwiązaniem bazowym**  $x_B = B^{-1}b$ , a nieosobliwą macierz  $B$  nazywa się *bazą*. Jeśli ponadto  $x \geq 0$ , to mówimy, że  $x$  jest bazowym rozwiązaniem dopuszczalnym.

Następujące twierdzenie określa ważną rolę bazowych rozwiązań dopuszczalnych<sup>100</sup>:

Jeśli istnieje rozwiązanie dopuszczalne (to istnieje bazowe rozwiązanie dopuszczalne).

Jeśli istnieje rozwiązanie optymalne minimalizujące  $F(x) = z$ , to istnieje optymalne rozwiązanie bazowe.

To podstawowe twierdzenie stanowi klucz do **algorytmu simpleks**, najpotężniejszej metody rozwiązywania programów liniowych. Istnieje kilka różnych wersji tej metody i wiele implementacji numerycznych. Poniżej opiszę metodę simpleks w wersji zrewidowanej, która jest najpopularniejszą metodą rozwiązywania zadań programowania liniowego<sup>101</sup>.

Zauważmy najpierw, że dzieląc wektor kosztów  $c$  na dwa zbiory elementów związanych z  $x_B$  i  $x_N$ , możemy wyrazić funkcję celu  $x$  następująco:

$$F(x) = z = c_B^T x_B + c_N^T x_N$$

<sup>100</sup> Siwak T., Badania operacyjne dla inżynierów Wyd. AGH Kraków 1998

<sup>101</sup> Przedstawiona metodyka opiera się na materiałach: Siwak T., Badania operacyjne dla inżynierów Wyd. AGH Kraków 1998, Trzaskalik T., Badania operacyjne z komputerem, seria: Metody badań operacyjnych, Absolwent, Łódź, 1997., Wagner M.H., Badania operacyjne PWE Warszawa 1990

Po podstawieniu

$$x_B = B^{-1}b - B^{-1}N_{xN}$$

otrzymamy

$$F(x) = z = c_B^T B^{-1}b + (c_N^T - c_B^T B^{-1}N)x_N = z_0 + p^T x_N$$

gdzie:

$$z_0 = c_B^T B^{-1}b$$

$$p^T = c_N^T - c_B^T B^{-1}N$$

Wartość funkcji celu  $z$  można polepszyć w następnej iteracji, jeśli znajdziemy ujemną składową w  $p$  i wprowadzimy odpowiadającą jej niebazową zmienną do bazy. Wektor  $p$  może być wygodnie obliczony w dwóch krokach:

$$B^T \lambda = c_B \quad \text{oraz} \quad p^T = c_N^T - \lambda^T N,$$

gdzie  $\lambda$  nazywa się *wektorem mnożników simpleksowych*, a  $p$  - *wektorem względnych kosztów*. Jeżeli

$$p_k = c_{Nk} - \lambda^T a_k \leq 0$$

dla pewnego  $m+1 \leq k \leq n$ , to  $a_k$  jest niebazową kolumną macierzy  $A$ , która może wejść do bazy  $B$  w następnej iteracji, a wartość funkcji celu zostanie zmniejszona. Pozostaje znaleźć kolumnę macierzy  $B$ , którą należy usunąć z bazy. Oznaczając bieżące bazowe rozwiązanie dopuszczalne przez  $x_0$ , żądamy by:

$$x_B = x_0 - B^{-1} a_k x_{Nk} \geq 0,$$

czyli by

$$x_B = x_0 - y x_{Nk} \geq 0,$$

gdzie  $y$  otrzymuje się jako rozwiązanie układu  $By = a_k$ . Nierówność (1.9) musi być spełniona, aby zachować dopuszczalność następnego rozwiązania  $x_B$ .

Kolumnę opuszczającą bazę można znaleźć, rozpatrując  $x_{oi}/y_i$  dla  $y_i > 0$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ . Jeśli

$$\theta = \frac{x_{ol}}{y_l} = \min \left[ \frac{x_{oi}}{y_i} \mid y_i > 0, \quad 1 \leq i \leq m \right]$$

to zmienna  $x_{Bl}$  staje się zerem i jest przesuwana do zbioru niebazowego.

Odpowiednio, kolumna  $a_l$  przechodzi do macierzy niebazowej  $N$ .

#### 4.1.6 Programowanie liniowe całkowito liczbowe algorytm podziału i ograniczeń

W wielu sytuacjach praktycznych pożądane jest wyznaczenie rozwiązania zadania optymalizacyjnego w liczbach całkowitych. Może to być, na przykład, żądanie ażeby wielkość występujących w planie optymalnym elementów podawać w liczbach całkowitych (np. liczba użytych samolotów, wykonanych strzelań raketowych czy transportowanych rakiet). W zadaniu może występować problem wykorzystania dużych niepodzielnych obiektów – turbin, samolotów, rakiet itp. Również w zadaniach optymalizacji transportu towarów niepodzielnych konieczne jest uzyskanie rozwiązania w liczbach całkowitych. Problem matematyczny, jaki stąd wynika, polega na znalezieniu najkrótszej drogi do wyznaczenia optymalnego rozwiązania w liczbach całkowitych – bez uciekania się do rozpatrzenia wszystkich możliwych kombinacji.

Niekiedy rozwiązanie zadania optymalizacyjnego w liczbach całkowitych można uzyskać w sposób najprostszy, choć zarazem trywialny – tzn. drogą zaokrąglenia ułamków (występujących w rozwiązaniu) do liczb całkowitych. Najczęściej jednak postępowanie takie nie jest możliwe i musimy posłużyć się jedną ze specjalnie opracowanych metod. Większość tych metod przewiduje dwa etapy wyznaczenia optymalnego rozwiązania<sup>102</sup>:

<sup>102</sup> Wagner M.H., Badania operacyjne PWE Warszawa 1990

- w etapie pierwszym wyznacza się rozwiązanie w liczbach ułamkowych
- w etapie drugim sprowadza się rozwiązanie w liczbach ułamkowych do rozwiązania w liczbach całkowitych

Metoda Landa-Doiga<sup>103</sup> opracowana ponad 30 lat temu przewiduje takie właśnie, dwuetapowe postępowanie optymalizacyjne. Warunki uboczne układu oraz warunki brzegowe wyznaczają obszar rozwiązań dopuszczalnych dla szukanych danych. Na obszarze tym należy wyznaczyć minimum (maksimum) funkcji.

W tym etapie wyznaczyliśmy wierzchołek optymalny (rozwiązanie optymalne). Punkt ten leży na prostej będącej zbiorem punktów, z których każdy wyznacza jednakową (minimalną – maksymalną) wartość funkcji.

Niestety, ani wierzchołek optymalny, ani inne punkty leżące na prostej nie spełniają wszystkich równocześnie wszystkich warunków ubocznych i brzegowych. Należy, więc przejść do etapu drugiego.

W etapie drugim przechodzi się od wierzchołka optymalnego równoległe do prostej wartość funkcji, do punktu, który wyznacza nowe rozwiązanie zadania – tym razem rozwiązania w liczbach całkowitych.

Metoda Gomory'ego<sup>104</sup> przewiduje również dwuetapowe postępowanie optymalizacyjne:

- za pomocą jednej z metod programowania liniowego wyznacza się wierzchołek optymalny, któremu odpowiadają zmienne wyrażone (najczęściej) w liczbach ułamkowych.
- Następnie do układu warunków ubocznych zadania dodaje się pewien nowy warunek (i pewną dodatkową zmienną), w wyniku czego obszar rozwiązań zostaje zmniejszony tak aby nowe rozwiązanie było w liczbach całkowitych.

W większości rozpatrywanych zadań programowania liniowego zmienne decyzyjne mogły przyjmować dowolne wartości nieujemne. W zapisie formalnym wyrażały to warunki nieujemności  $x_j \geq 0$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ). Jednak w wielu

<sup>103</sup> Siwak T., Badania operacyjne dla inżynierów Wyd. AGH Kraków 1998

<sup>104</sup> Siwak T., Badania operacyjne dla inżynierów Wyd. AGH Kraków 1998

zagadnieniach praktycznych potrzeba ograniczenia wartości zmiennych decyzyjnych do nieujemnych liczb całkowitych jest warunkiem koniecznym, aby możliwe było dokonanie sensownej interpretacji uzyskanego rozwiązania. Matematyczny model problemu wyboru decyzji optymalnej, którą muszą wyrażać liczby całkowite, nazywamy *całkowitoliczbowym zadaniem optymalizacyjnym*

Niech  $D_C$  oznacza zbiór rozwiązań dopuszczalnych zadania programowania liniowego z żądaniem, aby wartości zmiennych decyzyjnych (niekoniecznie wszystkie) przyjmowały wartości całkowite. Przez  $D$  oznaczmy zbiór rozwiązań dopuszczalnych osłabionej wersji tego zadania.

Z zależności  $D_C \subset D$  wynikają inne ważne numerycznie własności.

### **Własność 1.**

$$f^M = \max_{x \in D_C} f(x) \leq \max_{x \in D} f(x) = f$$

$$f^m = \min_{x \in D_C} f(x) \geq \min_{x \in D} f(x) = f$$

tzn. Optymalna wartość funkcji celu zadania całkowitoliczbowego jest zawsze ograniczona przez optymalną wartość funkcji celu z wersji osłabionej tego zadania: od góry – przy kryterium maksymalizacji; od dołu – przy kryterium minimalizacji.

### **Własność 2.**

$$(x^0 \in D^{opt} \wedge x^0 \in D_C) \Rightarrow x^0 \in D_C^{opt}$$

tzn. Jeśli  $x^0$  jest decyzją optymalną osłabionej wersji zadania całkowitoliczbowego i jednocześnie spełnia warunek całkowitoliczbowości, to  $x^0$  jest decyzją optymalną zadania całkowitoliczbowego, z którego utworzono wersję osłabioną.

Rozwiązując zadanie optymalizacji liniowej w liczbach całkowitych, stosuje się *metodę podziału i ograniczeń*. Polega ona na rozwiązaniu serii

odpowiednio budowanych zwykłych zadań optymalizacji liniowej. Termin *podział* w nazwie metody pochodzi stąd, że zbiory decyzji dopuszczalnych rozwiązywanych zadań otrzymuje się z podziału zbioru  $D$  początkowej wersji osłabionej zadania na mniejsze podzbiory. Optymalne wartości tej samej funkcji celu są *ograniczone*, zgodnie z własnością 1, odpowiednio przez jej wartość optymalną osiąganą przed przeprowadzonym podziałem. Specyficzny podział zbioru  $D$  na mniejsze fragmenty i stosowanie określonych reguł przy obliczeniach spowoduje, że decyzja optymalna ze zbioru  $D_C$  stanie się w pewnym momencie wierzchołkiem i jednocześnie decyzją optymalną reprezentowaną przez wierzchołek jednego z utworzonych podzbiorów.

## **4.2 Zagadnienia transportowe**

**Celem zagadnień transportowych** jest opracowanie planu przewozu towaru pomiędzy dostawcami, a odbiorcami tak by łączne koszty transportowe były możliwie najniższe. Plan taki ma określić ile towaru powinien dostarczyć  $i$ -ty dostawca  $j$ -temu odbiorcy.

Zagadnienie transportowe jest odmianą zagadnień programowania liniowego, zarówno funkcja celu jak i ograniczenia mają postać liniową

### **4.2.1 Zamknięte zagadnienie transportowe**

Zamknięte zadanie transportowe (ZZT) występuje gdy łączne możliwości dostawców są równe łącznemu zapotrzebowaniu odbiorców

Metoda minimalnego elementu macierzy polega na rozmieszczeniu przewozów przede wszystkim na tych trasach, na których koszty są najniższe. Punktem wyjścia jest przekształcenie macierzy kosztów do takiej postaci, by w każdym wierszu i w każdej kolumnie występowało co najmniej jedno zero. Można to uzyskać, odejmując od elementów poszczególnych wierszy macierzy kosztów najmniejszy element znajdujący się w danym wierszu, a następnie od poszczególnych kolumn otrzymanej w ten sposób macierzy odejmując element najmniejszy znajdujący się w danej kolumnie.

Mając tak przekształconą macierz staramy się rozmieścić przewozy na trasy, gdzie koszty są najniższe, czyli gdzie występują zera.

#### 4.2.2 Otwarte zagadnienie transportowe

Otwarte zagadnienie transportowe (OZT) występuje gdy łączne możliwości dostawców są większe od łącznego zapotrzebowania odbiorców.

Zagadnienie transportowe (ZT) jest specyficznym problemem z zakresu zastosowań programowania liniowego. ZT wykorzystuje się najczęściej do optymalnego planowania transportu towarów, przy minimalizacji kosztów, lub czasu wykonania zadania. Można również przy jej pomocy rozwiązać zadania optymalnego rozdziału zasobów lub wysiłku na poszczególne obiekty ataku, w celu maksymalizacji efektów działania sił powietrznych. Stosuje się oryginalną metodę budowy modelu matematycznego oraz technikę jego optymalnego rozwiązywania. Przyjmując  $m$  punktów posiadających określone zasoby lub określony potencjał do realizacji zadania bojowego oraz  $n$  punktów odbioru tzn. wyznaczone cele, które określonym wysiłkiem należy zniszczyć lub bazy, do których określone zasoby należy dostarczyć, uzyskuje się macierz połączeń pomiędzy nimi w postaci tabeli o wymiarach  $m \times n$ , gdzie każdy element przedstawia określoną ilość jednostek potencjału bojowego lub masy towaru przesłany od wykonawców  $i$  do punktu odbioru  $j$ . ( w tym wypadku odbiorcą potencjału bojowego może być niszczonego cel) wprowadzając dodatkowe oznaczenia kosztu transportu jednej jednostki zbudować można model matematyczny odwzorowujący problem transportowy.

Zagadnienie można rozwiązywać metodą Simpleks, jednak jest ona w tym przypadku mało efektywna. Najczęściej stosuje się metodę potencjałów oraz najprostszą metodę – kąta północno-zachodniego. Służy ona do znalezienia pierwszego wewnętrznie zgodnego rozwiązania bazowego.

Istnieje duża grupa wyspecjalizowanych zagadnień programowania liniowego, które są sformułowane jako zagadnienia sieciowe. Należą do nich takie zagadnienia, jak zagadnienie transportowe i jego uogólnienia, zagadnienie przydziału, zagadnienie sieci komputerowych, zagadnienie lokalizacji i zagadnienie przepływu wielotowarowego. Zagadnienia tego typu opisują szerokie spektrum zastosowań w ramach dowodzenia siłami powietrznymi na przykład, planowanie przewozów lotniczych i okrętowych, optymalna gospodarka uzbrojeniem i zasobami logistycznymi, planowanie kadr osobowych, planowanie obciążenia dla poszczególnych załóg. W teorii modele

te mogą być rozwiązywane za pomocą ogólnych algorytmów liniowych, ale często wymagałoby to nadmiernie długich czasów obliczeń i znacznie więcej pamięci niż potrzebują specjalne metody liniowe i sieciowe. W zagadnieniu transportowym należy znaleźć minimum

$$F(x) = z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

przy warunkach

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i,$$

$$i = 1, 2, \dots, m,$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j,$$

$$j = 1, 2, \dots, n,$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Zagadnienie transportowe ma prostą interpretację sieciową. Przypuśćmy, że mamy sieć skierowaną (zwaną także *diagramem ważonym*), określoną za pomocą zbioru wierzchołków  $V$  i zbioru łuków (tj. skierowanych łuków)  $E$ . W zagadnieniu transportowym sieć jest *dwudzielna i pełna*, tzn. wszystkie jej wierzchołki można podzielić na dwie grupy, na *węzły dostawy* ponumerowane  $i = 1, 2, \dots, m$  i *węzły odbioru* ponumerowane  $j = 1, 2, \dots, n$ , a każdy wierzchołek dostawy ma  $n$  łuków wychodzących z niego do wszystkich wierzchołków odbioru. Dla każdego łuku jest określony jednostkowy koszt  $c_{ij}$  transportowanego dobra.

Zagadnienie polega na wyznaczeniu takich wielkości przewozu  $x_{ij}$ , które minimalizują całkowity koszt transportu  $F(x) = z$ . Pierwszych  $m$  nierówności odnosi się do wierzchołków dostawy, następne  $n$  nierówności odnosi się do wierzchołków odbioru. Zagadnienie transportowe ma rozwiązanie dopuszczalne, gdy

$$\sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j$$

a ograniczenia odbioru stają się równościami dla rozwiązania optymalnego, tj.

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j,$$

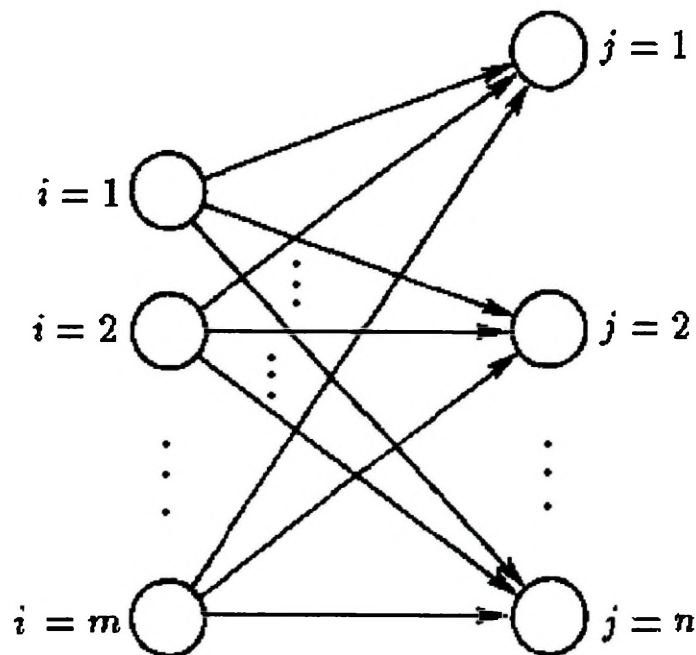
dla wszystkich  $j$ . Ponadto, jeśli

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$$

to każde rozwiązanie dopuszczalne spełnia wszystkie nierówności jako równości.

Bez utraty ogólności można przyjąć, że są równościami, ponieważ zawsze możemy wprowadzić fikcyjny wierzchołek odbioru  $n+1$  z odbiorem i kosztami  $c_{i, n+1} = 0$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ .

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$$



Rysunek 17 Przykładowy schemat zagadnienia transportowego

Zagadnienie transportowe jest szczególnym przypadkiem zagadnienia

programowania liniowego i może być rozwiązywane za pomocą metody Sympleks. Istnieje inne podejście, znane jako metoda prymalno-dualna<sup>105</sup>, oparte na iteracyjnym użyciu algorytmu największego przepływu. Metoda ta wykorzystuje konieczne i wystarczające warunki na to, by program liniowy był optymalny.

#### 4.2.3 Sieciowe problemy optymalizacyjne.

Wiele problemów dowodzenia siłami powietrznymi, na przykład planowania użycia lotnictwa, problemy transportu uzbrojenia, problemy dostawy rakiet przeciwlotniczych można sprowadzić do zadania maksymalizacji lub minimalizacji przepływu przez sieć. Metody rozwiązujące dla tego typu zadań nazywane są metodami sieciowymi lub metodami programowania sieciowego.

Rozważać będziemy przedsięwzięcie jako wyodrębniony zbiór czynności powiązanych ze sobą technologią, tj. sposobem wykonania.

#### Sieć czynności

Sieć czynności to graf spójny antycykliczny, który ma jeden wierzchołek początkowy i jeden wierzchołek końcowy. Łuki sieci reprezentują czynności, wierzchołki zaś zdarzenia.

Do wykreślenia sieci czynności dla dowolnego projektu niezbędnego są informacje dotyczące czynności wchodzących w skład przedsięwzięcia oraz ustalenie kolejności ich występowania. Ponadto w trakcie wykreślenia sieci powinny być przestrzegane następujące zasady<sup>106</sup>:

1. zdarzenie początkowe nie ma czynności poprzedzających,
2. zdarzenie końcowe nie ma czynności następujących,
3. dwa kolejne zdarzenia mogą być połączone tylko jedną czynnością,
4. wszystkie zdarzenia w sieci, z wyjątkiem początkowego lub końcowego, powinny być początkiem i końcem co najmniej jednej czynności.

Wyróżniamy następujące etapy konstruowania sieci<sup>107</sup>:

1. ustalenie listy czynności,
2. ustalenie zdarzenia początkowego i końcowego przedsięwzięcia,

<sup>105</sup> Siwak T., *Badania operacyjne dla inżynierów* Wyd. AGH Kraków 1998

<sup>106</sup> Siwak T., *Badania operacyjne dla inżynierów* Wyd. AGH Kraków 1998

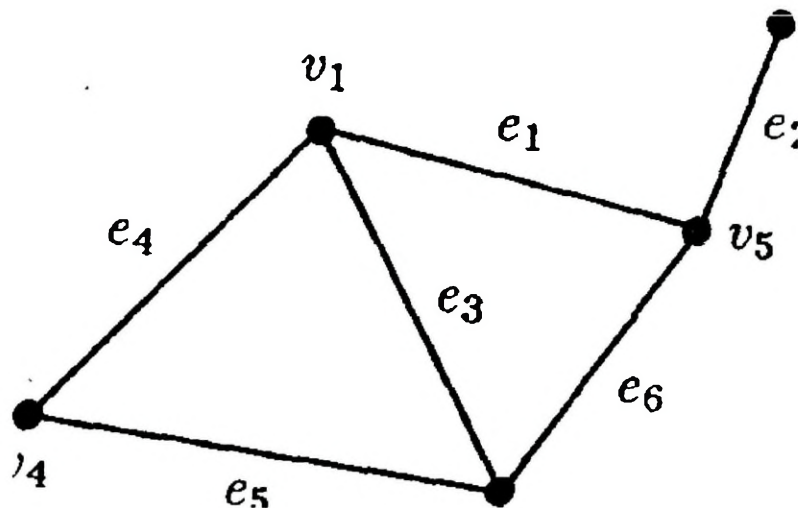
<sup>107</sup> Tamże.

3. określenie kolejności wykonywania czynności,
4. numerowanie wierzchołków.

Duża liczba systemów transportowych, dystrybucyjnych i komunikacyjnych jest projektowana i badana za pomocą modeli sieciowych. Przykładami mogą być tutaj, trasy komunikacji lotniczej, sieci telefoniczne, system dystrybucji amunicji itp. Pojawiające się w tych problemach grafy są tak duże, że analiza, bez pomocy komputera, jest praktycznie niemożliwa. Możliwości rozwiązywania problemów rzeczywistych technikami sieciowymi są więc takie jak możliwości analizy dużych sieci za pomocą komputera. Efektywne algorytmy rozwiązywania problemów sieciowych mają zatem duże znaczenie praktyczne. Najczęściej spotykane **problemy optymalizacyjne** na sieciach to:

- problem najkrótszych dróg
- problem najkrótszego drzewa rozpinającego
- problem maksymalnego przepływu w sieci
- problem najtańszego przepływu
- problem komiwojażera
- problemy transportowe

**Graf nieskierowany**  $G = (V, E)$  składa się ze skończonego zbioru wierzchołków  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  i skończonego zbioru krawędzi  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  (zob. rys. 2). W komputerowych implementacjach algorytmów grafowych przyjmujemy najczęściej  $V = \{1, 2, \dots, n\}$ . Każdej krawędzi  $e$  odpowiada nieuporządkowana para różnych wierzchołków  $(u, v)$ , o których mówimy, że są *incydentne* z  $e$ . Graf nazywamy *skierowanym* lub w skrócie *digrafem*, jeśli para wierzchołków  $(u, v)$  incydentnych z krawędzią  $e$  (nazywaną w tym przypadku *łukiem*) jest parą uporządkowaną. Mówimy wtedy, że łuk  $e$  jest *skierowany* z wierzchołka  $u$  do wierzchołka  $v$ , a kierunek ten jest zaznaczony na rysunku grotem strzałki. Siecią nazywamy graf skierowany (lub nieskierowany), w którym każdemu łukowi (lub krawędzi) jest przyporządkowana liczba, zwana najczęściej wagą. W sieci o praktycznym znaczeniu, waga może reprezentować długość drogi, koszt jej budowy, czas przejazdu, niezawodność połączenia, prawdopodobieństwo przejścia, przepustowość lub jakąkolwiek inną podobną cechę ilościową przyporządkowaną łukowi (lub krawędzi).



Rysunek 18. Przykład grafu

### Maksymalny przepływ w sieci

Rozważmy sieć  $N = (V, E)$ , w której dwa wierzchołki są wyróżnione jako źródło  $s$  i odpływ  $t$ .

Każdemu łukowi sieci przyporządkowana jest nieujemna liczba całkowita  $k_{ij}$ , zwana przepustowością łuku.

**Przepływem** w sieci  $N$  nazywamy przyporządkowanie każdemu łukowi takiej liczby rzeczywistej  $x_{ij}$  (zwanej *przepływem łukowym*), że<sup>108</sup>:

1.  $0 \leq x_{ij} \leq k_{ij}$  dla wszystkich łuków  $(i, j) \in E$ .
2. W każdym wierzchołku  $j$ , różnym od  $s$  i  $t$ , spełnione jest równanie zachowania przepływu

$$\sum_i x_{ij} - \sum_l x_{il} = 0$$

gdzie  $i$  odnosi się do zbioru łuków wchodzących do wierzchołka  $j$ , a  $l$  - do zbioru łuków wychodzących z wierzchołka  $j$ .

**Wartość (wielkość) przepływu  $f(t)$**  określa się jako sumę przepływów łukowych wpływających do wierzchołka odpływu.

**Zagadnienie największego przepływu** polega na znalezieniu dla wszystkich łuków takich wartości  $x_{ij}$ , by  $f(t)$  było maksymalne. Aby znaleźć największy przepływ, można wykorzystać technikę ścieżki powiększającej. *Ścieżka powiększająca* jest ciągiem łuków, z których dowolne dwa kolejne są sąsiednie, prowadzącym z  $s$  do  $t$  i umożliwiającym powiększenie wartości

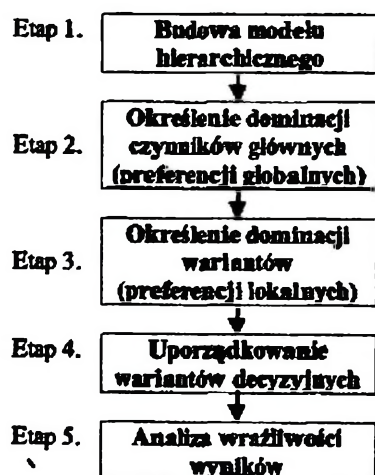
<sup>108</sup> Siwak T., Badania operacyjne dla inżynierów Wyd. AGH Kraków 1998

przepływu. Jeśli skierowanie łuku  $(i, j)$  jest zgodne z kierunkiem ścieżki, to, w celu powiększenia przepływu,  $x_{ij}$  musi być mniejsze od  $k_{ij}$ . Jeśli zaś łuk  $(i, j)$  jest niezgodnie skierowany, to aby powiększyć wartość przepływu, trzeba zmniejszyć przepływ łukowy, czyli wymaga się, aby  $x_{ij} > 0$ .

### 4.3 Wybór efektywnego wariantu działania lotnictwa

Metoda AHP /Analytic Hierarchy Process/, opracowana przez "L. Saaty'ego wspomaga podejmowanie decyzji w dziedzinie wyborów wielokryterialnych. Przedstawiane w literaturze zastosowania metody dotyczą w większości takich algorytmów tej metody, w których w celu przezwyciężenia braku danych ilościowych i wykorzystania dostępnych informacji opisowych wprowadza się oceny ze specjalnie przyjętej, umownej, sztucznej skali liczbowej. AHP umożliwia decydentowi zmniejszenie obszaru niepewności i zgadywania, pozwala na logiczne powiązanie analizy i intuicji decydenta dla analizowania i przeglądania wszystkich rozważanych wariantów decyzyjnych. Za pomocą tej metody decydent może uwzględniać tak czynniki mierzalne, ( np. ilość samolotów, koszt przewidywanych rozwiązań itp.) jak również może brać pod uwagę czynniki niemierzalne (np. „wiarygodność rozpoznania, trwałość obrony, żywotność itp.) Proponowane podejście dopuszcza występowanie niepewności i pozwala podmiotom decyzyjnym na wielostronną analizę wariantów z uwzględnieniem występujących ograniczeń oraz subiektywnych preferencji

Charakterystyczną cechą proponowanej metody jest to, że pozyskiwanie danych od decydenta jest określane stopniem wzajemnej dominacji rozważanych obiektów (wariantów) ocen przez porównania parami.



Rozwiązywanie problemu decyzyjnego z pomocą omawianej metody przebiega w kilku etapach opisanych poniżej,

Określenie stanu docelowego i czynników wpływu  
Opracowanie drzewa czynników wpływu

Przez porównania parami określenie udziału czynników głównych (jako względnej istotności kryteriów) w realizacji stanu docelowego.

Przez porównania parami określenie stopnia spełnienia wymagań przez warianty decyzyjne (z uwagi na każde kryterium po kolei). Wybór wariantu najlepszego i analiza pozostałych. Interpretacja wyników.

### **Etap 1. Budowa modelu hierarchicznego (drzewo czynników wpływu)**

Podmiot decyzyjny dowódca - definiuje problem decyzyjny jako drzewo-hierarchię czynników, na szczycie której znajduje się cel nadrzędny (stan docelowy, do którego dąży, stanowiący rozwiązanie), następnie określa czynniki występujące na niższym poziomie modelu hierarchicznego, które mają silny wpływ na osiągnięcie stanu docelowego. Czynniki te odgrywać będą rolę kryteriów, według których oceniać się będą dostępne warianty decyzyjne. Gdy drzewo czynników wpływu zostanie już określone, następnie na najniższym poziomie hierarchii drzewa umieszcza się dostępne warianty decyzyjne.

### **Etap 2. Wprowadzenie ocen dla czynników wpływu przez porównania parami**

Decydent dokonuje serii porównań parami jako ocen dotyczących względnej istotności rozważanych czynników wpływu (kryteriów oceny). Są to tzw. preferencje globalne, które stanowią o udziale każdego z czynników w osiągnięciu rozwiązania rozważanego problemu decyzyjnego.

Może on tego dokonać na kilka sposobów - porównując: werbalnie (jednakowo ważne, niewiele ważniejsze, dużo ważniejsze, znacznie ważniejsze, absolutnie ważniejsze), liczbowo, lub mobilizując podwładnych do opowiedzenia się na temat określonych kryteriów np. przez głosowanie. Poprzez stosowanie porównań parami jako głównej metody oceny, zostaje wyznaczony, stopień dominacji jednego czynnika nad drugim jako miarę siły preferencji decydenta w odniesieniu do rozważanych obiektów (kryteriów, czynników, celów).

### **Etap 3. Wprowadzenie ocen dla wariantów przez porównania parami**

W następnej kolejności podmiot decyzyjny (decydent) dokonuje serii porównań parami jako ocen dotyczących rozważanych wariantów z uwagi na spełnienie wymagań każdego z kryteriów (odpowiadających czynnikom wpływu). Są to tzw. preferencje lokalne, które mówią o udziale każdego z wariantów w osiągnięciu rozwiązania rozważanego problemu decyzyjnego.

Jedną z najważniejszych cech metody jest możliwość kontrolowania obliczania stopnia niespójności (niezgodności) ocen pozyskanych od decydenta. Gdy niespójność ocen wynosi poniżej 10%, użytkownik może obliczyć wskaźniki preferencji dla rozważanych obiektów (np. kryteriów) a następnie dla

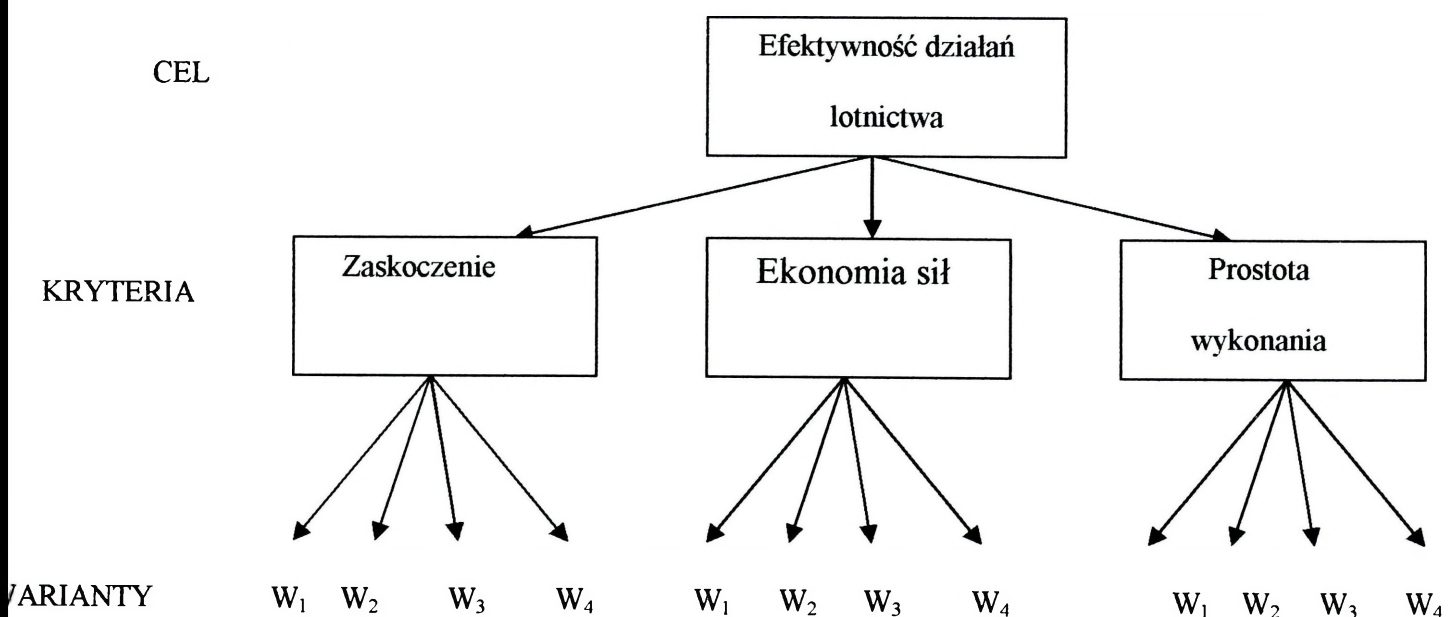
wariantów. Najlepszy wariant to ten, który uzyskał najwyższy wskaźnik preferencji (przewyższania pozostałych wariantów). Gdy niespójność wynosi powyżej 10%, należy powtórzyć zbieranie danych od decydenta aby wykryć, które oceny są niezgodne.

#### Etap 4. Uporządkowanie wariantów decyzyjnych

W efekcie dzięki metodzie możemy dokonać syntezy wszystkich zebranych danych, aby wyznaczyć ogólny ranking wariantów decyzyjnych, jako wynik końcowy analizy problemu decyzyjnego.

Przedstawiony algorytm zastosowałem do porównawczej oceny trzech wariantów działania lotnictwa (opisywane warianty są wyimaginowane dla potrzeb prezentacji metody i nie należy skupiać się na ich merytorycznej poprawności, równie dobrze można by było dokonać oceny działania wariantów wojsk raketowych jak i jakichkolwiek innych). Założmy, że dokonujemy oceny (ex ante) efektywności (a zatem ekonomiczności i skuteczności) działania lotnictwa, którego zadaniem jest zadanie określonych strat obiektowi „A”.

W celu realizacji tego zadania zaplanowano kilka wariantów rozwiązania w1, w2, ...wn.. Chcąc dokonać oceny przewidywanej jakości działań skonstruowano hierarchiczną strukturę obejmującą kryterium nadrzędne, kryteria cząstkowe i analizowane warianty. Strukturę taką przedstawia rysunek



Rysunek 1 9. Struktura problemu

Poziom najwyższy zawiera jeden element – cel przewidywanego działania, który został zdekomponowany na trzy elementy na poziomie bezpośrednio

niższym. Elementami tymi są „Zaskoczenie”, „Ekonomia sił” i „Prostota wykonania”. Zaproponowane elementy - cechy racjonalnego działania, zaczerpnięte z prakseologicznej teorii walki (mogą być inne to kwestia wyboru dowódcy – decydenta). Najniższy szczebel prezentowanej struktury obejmuje proponowane warianty działania<sup>109</sup>.

Dla kryteriów znajdujących się na poszczególnych poziomach przedstawionej na schemacie hierarchii wyznaczam macierze porównań<sup>110</sup> - etap drugi algorytmu.. Brak danych ilościowych, wydawałoby się, że uniemożliwia dokonania takiego porównania dlatego zastosujemy zmienne lingwistyczne:

- 1 pkt. – obie cechy jednakowo ważne;
- 3 pkt. – cecha „i” jest niewiele ważniejsza od cechy „j”;
- 5 pkt. – cecha „i” jest dużo ważniejsza od cechy „j”;
- 7 pkt – cecha „i” jest znacznie ważniejsza od cechy „j”;
- 9 pkt – cecha „i” jest absolutnie ważniejsza od cechy „j”.

W ten sposób nieprecyzyjne określenia werbalne zostają zastąpione ścisłymi wartościami liczbowymi w celu „dopasowania” problemu odznaczającego się opisowym charakterem informacji do modelu ilościowego, dla którego istnieją techniki rozwiązywania problemów.

Na podstawie przeprowadzonych analiz sytuacji, poprzez porównanie parami, określamy relatywną dominację jednego kryterium nad drugim.

<i>Kryterium</i>	<i>Zaskoczenie</i>	<i>Ekonomia</i>	<i>Pr ostota</i>
<i>Zaskoczenie</i>	1/1	1/2	3/1
<i>Ekonomia</i>	2/1	1/1	5/1
<i>Pr ostota</i>	1/3	1/5	1/1

Po przekształceniu utworzonej macierzy otrzymujemy wagi poszczególnych kryteriów

<sup>109</sup> Dla skrócenia i prostoty wywodu nie wnikam w merytoryczne uwarunkowania proponowanych rozwiązań

<sup>110</sup> Kryteria mogą być stopniowalne np. na kryterium „Ekonomia sił” może składać się kilka innych, które swoim zakresem uszczegóławiają jego treść – „liczba samolotów biorących udział w nalocie”, „warianty uzbrojenia poszczególnych samolotów” czy „koszt zastosowanych środków uzbrojenia w stosunku do oczekiwanych rezultatów uderzenia”

$$\begin{pmatrix} 1 & 0.5 & 3 \\ 2 & 1 & 5 \\ 0.33 & 0.2 & 1 \end{pmatrix}^2 = \begin{pmatrix} 3.00 & 1.75 & 8 \\ 5.33 & 3.00 & 14.00 \\ 1.16 & 0.67 & 3.00 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 12.75 \\ 22.33 \\ 4.83 \end{pmatrix}$$

Zaskoczenie  
Ekonomia sił  
Prostota działań

39.92

0.319

0.559

0.122

1.00

Następnie porównujemy parami warianty działania ze względu na spełnienie poszczególnych kryteriów.

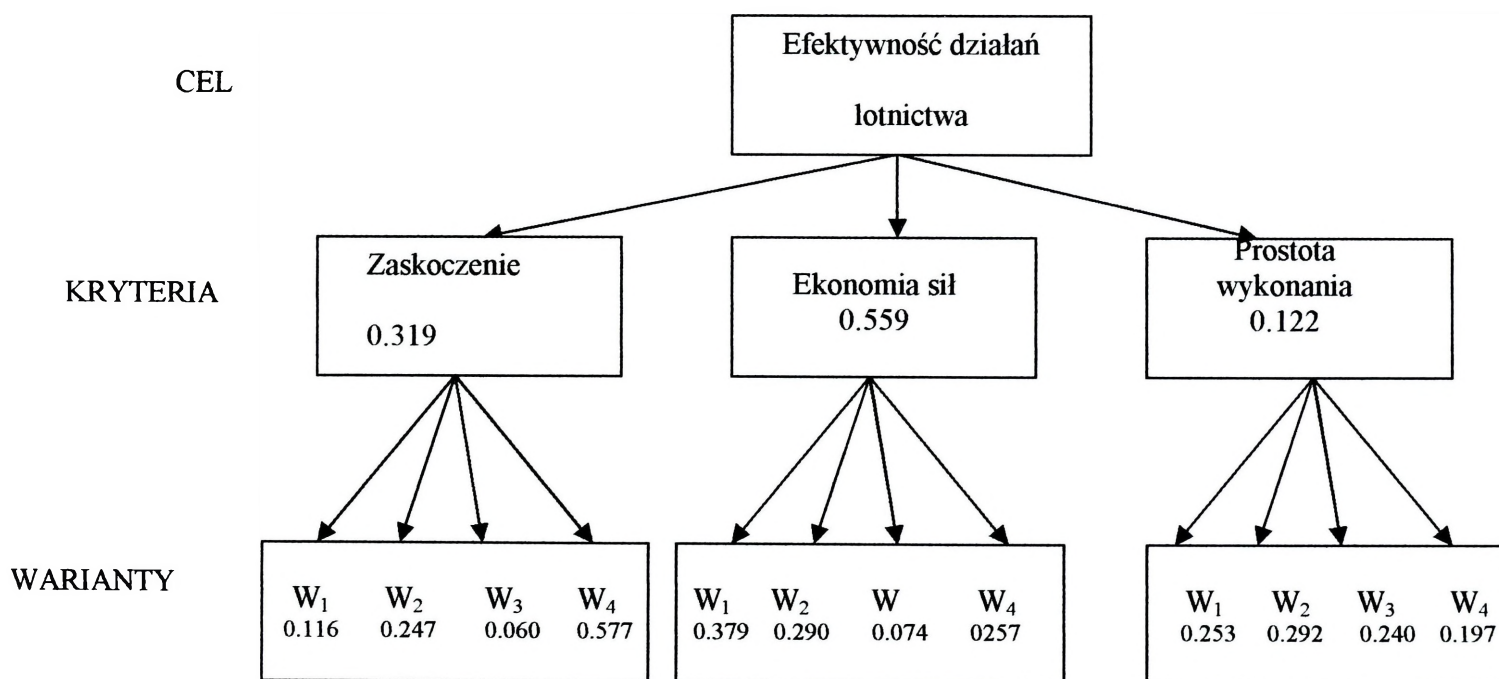
### Kryterium „Zaskoczenie”

Warianty	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	1/1	1/5	5/1	1/7
R <sub>2</sub>	5/1	1/1	5/1	1/3
R <sub>3</sub>	1/5	1/5	1/1	1/5
R <sub>4</sub>	7/1	3/1	5/1	1/1

### Kryterium „Ekonomia sił”

Warianty	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	1/1	3/1	5/1	1/1
R <sub>2</sub>	1/3	1/1	3/1	3/1
R <sub>3</sub>	1/5	1/3	1/1	1/5
R <sub>4</sub>	1/1	1/3	5/1	1/1

Analogicznie dla kryterium „Prostota działań”. W rezultacie obliczeń otrzymujemy uporządkowanie wariantów.



Dla każdego elementu przedstawionych macierzy zostały obliczone wagi, które teraz pozwolą uporządkować warianty według maksymalnej sumy użyteczności zgodnie z zasadą

$$U_1 = w_1 Z_1 + w_2 E_1 + w_3 P_1$$

$$U_2 = w_1 Z_2 + w_2 E_2 + w_3 P_2$$

$$U_3 = w_1 Z_3 + w_2 E_3 + w_3 P_3$$

$$U_4 = w_1 Z_4 + w_2 E_4 + w_3 P_4$$

gdzie:  $U_1, U_2, U_3, U_4$  – Użyteczność wariantów 1,2,3,4.;

$w_1, w_2, w_3$ , - preferencje globalne wagi kryteriów;

$Z_1, Z_2, Z_3, Z_4$  ;  $E_1, E_2, E_3, E_4$  ;  $P_1, P_2, P_3, P_4$  – wagi wariantów ze względu na poszczególne kryteria.

	Z	E	P		
$W_1$ $W_2$ $W_3$ $W_4$	0.116	0.379	0.253	$\times \begin{pmatrix} 0.319 \\ 0.559 \\ 0.122 \end{pmatrix} =$	0.279
	0.247	0.290	0.292		0.276
	0.060	0.074	0.240		0.092
	0.577	0.257	0.215		0.353

Uzyskany ostatecznie wynik wskazuje, że najlepszym w danej sytuacji, dla przyjętych kryteriów, jest wariant  $W_4$  – uzyskał najwyższą ocenę. Wariant ten został najwyżej oceniony mimo, że pod względem „Ekonomii sił” i „Prostoty działań” uzyskał oceny niższe niż wariant pierwszy i drugi. Wariant ten miał jednak zdecydowaną przewagę pod względem „Zaskoczenia” i mimo to, że nie było to kryterium najwyżej cenione przez decydenta, okazał się lepszy niż pozostałe.

Przedstawiona metoda ma wiele modyfikacji i uaktualnień ale dla potrzeb dyskusji starałem się przedstawić ją w najprostszej formie. Pewne odmiany oparte są o elementy rachunku zbiorów rozmytych co znacznie poprawia jej wiarygodność ale za razem zdecydowanie komplikuje. Uważam, że dla potrzeb praktycznych metoda ta może spełniać oczekiwania decydentów. Jest użyteczna do rozwiązywania tych problemów wielokryterialnych analizy porównawczej, które charakteryzują się danymi ilościowymi i jakościowymi oraz pewnymi ocenami względnymi wynikającymi z preferencji decydenta..

#### **4.4 Wybór ugrupowania bojowego wojsk obrony powietrznej**

Przyjmijmy pewną sytuację początkową  $S(t_0)$ , z której wynika, że przeciwnik dysponując przewagą sił uzyskał lokalną przewagę w powietrzu. Z oceny jego działań, jak i aktualnych możliwości wynika, że może on wykonać uderzenie lotnicze (urzutowane lub ześrodkowane) z kilku różnych kierunków. W związku z zaistniałą sytuacją stoimy przed problemem zaplanowania obrony powietrznej.

Ocena możliwości przeciwnika oraz prawdopodobnych wariantów jego działania przy zastosowaniu modelu symulacyjnego pozwala nam odpowiedzieć na pytanie dotyczące prawdopodobnego rozwoju sytuacji bojowej.

Przeprowadzone symulacje wariantów uderzeń ŚNP pozwalają na zebranie materiału pozwalającego na skonstruowanie macierzy decyzyjnej (tabela 1).

Ocena alternatywnych rozwiązań ugrupowania bojowego WOP, w procesie podejmowania decyzji, powinna objąć:

porównanie celów, jakie można osiągnąć realizując daną alternatywę z celami założonymi;

ocenę alternatywnych rozwiązań według przyjętych kryteriów oraz ustalenie pozytywnych i negatywnych skutków każdego rozwiązania;

porównanie wyników oceny poszczególnych alternatyw i wybór rozwiązania do realizacji.

Uzyskane z symulacji wyniki mogą mieć różne wartości ze względu na charakter przyjętych kryteriów.

W zaproponowanym zbiorze wariantów nie wyróżniam żadnego wariantu bazowego i lokalnie każdy wariant traktuję jako wariant odniesienia. Przyjmując  $A_i$  jako wariant odniesienia będę sprawdzać, czy istnieją przesłanki, aby uznać go za mający przewagę nad każdym z pozostałych wariantów. Przesłanki potwierdzające to przypuszczenie będą wykorzystane do konstrukcji wskaźników zgodności, natomiast zaprzeczające temu przypuszczeniu pomogą utworzyć wskaźniki niezgodności. Wskaźniki

zgodności i niezgodności po zagregowaniu dadzą wskaźniki przewagi danego wariantu nad pozostałymi.

Metodykę oceny wariantów rozwiązań przeprowadziłem na przykładzie liczbowym. Oceniając warianty rozwiązań przyjąłem następujące kryteria:

- ukompletowanie stanu osobowego po uderzeniach ŚNP ( $k_1$ );
- ukompletowanie techniki bojowej OP po uderzeniach ŚNP ( $k_2$ );
- ilość zużytych rakiet i amunicji na jeden zniszczony ŚNP ( $k_3$ );
- wskaźnik efektywności ( $k_4$ );
- potencjał bojowy osłanianego obiektu po uderzeniach ŚNP ( $k_5$ );
- liczba zniszczonych ŚNP ( $k_6$ );
- liczba zniszczonych - szczególnie pożądaných ŚNP ( $k_7$ );
- liczba oddziaływań środków OP w czasie odpierania uderzenia ( $k_8$ );
- procentowy wskaźnik zużycia amunicji do odparcia uderzenia ŚNP ( $k_9$ ).

Przyjąłem, że wagi poszczególnych kryteriów  $g_1, \dots, g_m$  są unormowane i żadna z nich nie jest równa zero, a więc:

$$g_j > 0, \quad j = 1, \dots, m, \quad \sum_{j=1}^m g_j = 1$$

Następnie wyznaczamy wskaźniki zgodności  $c_{i,j}$ , które będą bazować na przesłankach wskazujących, że wariant  $A_i$  ma przewagę nad wariantem  $A_j$ . W tym celu analizę przeprowadzam dla wszystkich wariantów  $A_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ). Kolejno dla każdego wariantu  $A_i$  ( $i = 1, \dots, n, j \neq i$ ) wyznaczam zbiór wskaźników tych cech które świadczą, że  $A_i$  jest co najmniej tak dobre jak  $A_j$ :

$$C_{i,j} = \{k \mid A_k^i \geq A_k^j\}$$

Gdy  $C_{i,j} = \emptyset$  i  $i \neq j$ , przyjmujemy  $C_{i,j} = 0$ , przy czym dla  $i = j$  przyjmujemy  $C_{i,j} = \emptyset$ . Co należy rozumieć jako zbiór elementów  $k$ , takich dla których spełniona jest nierówność, że  $k$ -ty element wariantu  $A_i$  jest większy lub równy

od elementu  $k$  wariantu  $A_j$ . Następnie każdemu zbiorowi  $C_{i,j}$  przyporządkowuję liczbę  $c_{i,j}$ , którą nazywam wskaźnikiem zgodności:

$$c_{i,j} = \sum_{k \in C_{i,j}} g_k$$

Z zapisu wynika, iż  $c_{i,j}$  jest sumą wag tych elementów, które zostały zakwalifikowane do zbioru  $C_{i,j}$ . Dla  $C_{i,i}$  nie określam tych wskaźników i oznaczę  $c_{i,i} = *$ . (\* - oznacza brak wyniku porównania jest to logiczne gdyż nie porównuje się wariantów samych z sobą). Dla każdego wariantu  $A_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) otrzymałem więc ciąg liczb  $c_{i,1}, \dots, c_{i,n}$ , przy czym  $c_{i,i} = *$ . Wskaźniki zgodności grupuję w macierz  $C$ :

$$C = \begin{bmatrix} * & c_{1,2} & \dots & c_{1,n} \\ c_{2,1} & * & \dots & c_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n,1} & c_{n,2} & \dots & * \end{bmatrix}$$

Przystępuję do analizy informacji nie potwierdzających przewagi  $A_i$  nad  $A_j$  i na ich podstawie wyznaczam wskaźnik niezgodności. Dla każdego wariantu  $A_i$  ( $i = 1, \dots, n, j = i$ ) wyznaczam zbiór wskaźników tych cech, dla których wariant  $A_i$  jest gorszy od  $A_j$ .

$$D_{i,j} = \{k \mid A_k^i \langle A_k^j\}$$

Dla  $i = j$  przyjmujemy  $D_{i,i} = \emptyset$ .  $D_{i,j}$  jest zbiorem  $k$  elementów, dla których został spełniony warunek, iż  $k$ -ty element wariantu  $A_i$  jest mniejszy od  $k$ -tego elementu wariantu  $A_j$ . Następnie każdemu zbiorowi  $D_{i,j}$  przyporządkowujemy liczbę  $d_{i,j}$ , którą będziemy nazywać wskaźnikiem niezgodności:

$$d_{i,j} = \max_{k \in D_{i,j}} \frac{|A_k^i - A_k^j|}{d_k^{\max}}$$

gdzie:

$$d_k^{\max} = \max_{i,j} \{ |w_k^i - w_k^j| \}$$

Gdy  $D = \emptyset$  i  $i \neq j$ , przyjmujemy  $d_{i,j} = 0$ . Dla  $D_{i,i}$  podobnie jak dla  $C_{i,i}$  nie określam wskaźników niezgodności, co będę zapisywać  $d_{i,i} = *$ . Wskaźniki

niezgodności grupuję w macierz D:

$$D = \begin{bmatrix} * & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & * & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix}$$

W celu uzyskania informacji o przewadze poszczególnych wariantów wskaźniki zgodności i niezgodności agreguję w wskaźniki przewagi. W konstrukcji wskaźników przewagi zostały uwzględnione różne aspekty analizowanej sytuacji. Z zasady przyjmuje się, że wskaźnik zgodności  $c_{i,j}$  wskazuje na przewagę wariantu  $A_i$  nad  $A_j$  dopiero wtedy, gdy przekracza pewną wartość progową  $p > 0$ , przy czym wskaźnik niezgodności nie powinien być większy od innej wartości progowej  $s > 0$ . Określenie wartości progowych jest zadaniem decydenta, który przez ich wprowadzenie odzwierciedla swoje przesłanki rozróżnialności wariantów. Decydent określa wartości progowe  $p$  i  $s$  ( $0 < p < 1$ ,  $0 < s < 1$ ). Na podstawie tych wartości tworzymy macierz wskaźników przewagi  $R = [r_{i,j}]$ , w której:

$$r_{i,j} = \begin{cases} *, & \text{dla } i = j, \\ 1, & \text{gdy } c_{i,j} \geq p \text{ i } d_{i,j} \geq s, \\ 0, & \text{w pozostałych przypadkach.} \end{cases}$$

W  $i$ -tym wierszu macierzy  $R$  odczytuję, jaka jest ocena wariantu  $A_i$  względem pozostałych wariantów. Gdy  $r_{i,j} = 1$ , wówczas  $A_i$  ma przewagę nad  $A_j$ . W przypadku gdy  $r_{i,j} = 0$ , nie ma wystarczających przesłanek, ażeby utrzymywać, że  $A_i$  ma przewagę nad  $A_j$ .

Na podstawie danych uzyskanych z eksperymentu symulacyjnego można zestawić według poszczególnych kryteriów macierz wyników. (Tabela A)

Praktycznie wyznaczenie macierzy  $C$  i  $D$  bez pomocy komputera jest czynnością bardzo żmudną już w tak trywialnym przykładzie. Dlatego też

jedynie dla zademonstrowania zasad postępowania przedstawię gotowe wyniki tych wyliczeń. Wagi poszczególnych kryteriów zostały przedstawione w tabeli, odzwierciedlają preferencje decydenta:

- wykonać zadanie (minimalne straty potencjału osłanianego obiektu - k5);
- zniszczyć największą liczbę ŚNP szczególnie pożądanych - k7 ;
- zachować żywotność własnego systemu OP (k1 , k2 ) ;
- zachować zasadę ekonomii sił i ekonomiki walki (najlepszy współczynnik efektywności - k4);
- ograniczone zużycie amunicji plot na zniszczenie jednego celu k3 k6, k8, k9.

Tabela A . Macierz decyzyjna opisywanego przykładu

Warianty	Kryteria								
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9
A1	99	92	0.41	18	88.5	17	12	238	0.1
A2	98	92	0.30	17	88.5	16	11	200	0.069
A3	97	89	0.32	15.9	87.7	15	11	197	0.069
A4	98	91	0.26	22.7	88.3	25	14	301	0.094
A5	98	91	0.23	21.8	88.3	24	13	283	0.077
A6	98	85	0.23	20.9	87.0	23	12	274	0.076
Wagi	0.14	0.14	0.06	0.06	0.16	0.12	0.16	0.09	0.07

Pełna macierz C ma postać:

$$C = \begin{bmatrix} * & 1.00 & 1.00 & 0.57 & 0.57 & 0.73 \\ 0.3 & * & 0.95 & 0.50 & 0.50 & 0.50 \\ 0.00 & 0.29 & * & 0.05 & 0.05 & 0.50 \\ 0.43 & 0.64 & 0.95 & * & 1.00 & 1.00 \\ 0.43 & 0.64 & 0.95 & 0.45 & * & 1.00 \\ 0.43 & 0.50 & 0.50 & 0.00 & 0.05 & * \end{bmatrix}$$

Macierzy D natomiast:

$$D = \begin{bmatrix} * & 0.00 & 0.00 & 0.8 & 0.7 & 0.6 \\ 1.00 & * & 0.11 & 1.00 & 0.8 & 0.71 \\ 1.00 & 0.53 & * & 1.00 & 0.9 & 0.8 \\ 0.83 & 0.22 & 0.33 & * & 0.00 & 0.00 \\ 1.00 & 0.39 & 0.50 & 0.55 & * & 0.00 \\ 1.00 & 1.00 & 0.57 & 0.87 & 0.87 & * \end{bmatrix}$$

Przyjąłem, że decydent określił następujące wielkości progowe  $p = 0.9$  i  $s = 0.1$  i otrzymałem następującą macierz przewagi R:

$$R = \begin{bmatrix} * & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & * & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & * & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & * & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & * & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & * \end{bmatrix}$$

Wskaźniki w i-tej kolumnie wskazują, czy poszczególne warianty mają przewagę nad  $A_i$ , natomiast wskaźniki w i-tym wierszu informują nas, czy wariant  $A_i$  ma przewagę nad pozostałymi. Z macierzy R odczytujemy więc, że  $A_1$  ma przewagę nad  $A_2$  i  $A_3$ ,  $A_4$  nad  $A_5$  i  $A_6$ , a  $A_5$  nad  $A_6$ . Nad wariantami  $A_1$  i  $A_4$  nie ma przewagi żaden wariant.

Zasady konstrukcji wskaźników przewagi wskazują, że warianty  $A_2$ ,  $A_3$  i  $A_6$ ,  $A_4$  kwalifikują się do usunięcia z dalszej analizy. Pozostają natomiast warianty  $A_1$  i  $A_5$ , z których żaden nie przeważa drugiego.

Wartość każdego wskaźnika przewagi zależy od odpowiedniego wskaźnika zgodności i niezgodności oraz przyjętych przez decydenta wartości progowych. Na wskaźnik zgodności decydent ma wpływ przez ustalenie wag dla charakterystyk. Wskaźniki niezgodności natomiast nie zależą od decydenta. Zmianę wskaźników przewagi można uzyskać przez wprowadzenie nowych wag i nowych wartości progowych. Jednakże wpływ wag jest stosunkowo niewielki i dopiero istotne ich zmiany modyfikują wskaźniki przewagi.

Każda z metod, która prowadzi do redukcji zbioru wariantów czy ich uporządkowania, może być zastosowana do wyznaczania decyzji (wyboru). Prezentując wyżej omawianą metodę pragnąłem jedynie pokazać pewną

kolejność dochodzenia do wskazania decyzji przez stopniowe eliminowanie wariantów "złych", wyznaczanie wariantów satysfakcjonujących i ewentualne ich porządkowanie.

Przedstawiona metoda pozwoliła na wyselekcjonowanie zbioru wariantów satysfakcjonujących i dotychczasowe przesłanki nie tylko nie sugerują odrzucenia żadnego z nich, lecz dopuszczają dwa z nich jako najbardziej zbliżone do decyzji (A1, A4).

W dalszej analizie przedstawionego przykładu zastosuję metodę wykorzystującą do tworzenia funkcji decyzyjnej (kryterium wyboru) pojęcie odległości lub normy wektora. Do wyznaczenia decyzji wybieram pewien punkt odniesienia i obliczam odległość poszczególnych wariantów od tego punktu.

Jako punkt odniesienia wyznaczamy wektor optymistyczny  $A^*$  i pesymistyczny  $A^\circ$ :

$$A^* = \max_i \{A_k^i | A_i \in E\}$$

$$A^\circ = \min_i \{A_k^i | A_i \in E\}$$

gdzie:  $E$  - zbiór wariantów sprawnych  $E = \{A_1, \dots, A_m\}$ ,  $A_i \in R^m$ .

Liczba:

$$d_p^*(A_i) = \left( \sum_{j=1}^m t_j |A_i - A^*|^p \right)^{\frac{1}{p}}$$

określa odległość wariantu  $A_i$  od wariantu optymistycznego  $A^*$ . Wydaje się racjonalne poszukiwanie takiego wariantu  $A_k$ , dla którego:

$$d_p^*(A_k) = \min_i d_p^*(A_i)$$

a więc wariantu najbliższego  $A^*$ .

Liczba:

$$d_p^\circ(A_i) = \left( \sum_{j=1}^m t_j |A_i - A^\circ|^p \right)^{\frac{1}{p}}$$

określa odległość wariantu  $A_i$  od wariantu pesymistycznego  $A^\circ$ . W tym wypadku racjonalne jest poszukiwanie wariantu  $A_1$ , dla którego:

$$d_p^\circ(A_i) = \max_i d_p^\circ(A_i)$$

czyli wariantu leżącego najdalej od  $A^\circ$ .

Dla prezentowanego przykładu obliczenia zawiera tabela B.

Tabela B. Zestawienie wyników

Warianty	Kryteria								
	k1	k2	k3	k4	k5	k6	k7	k8	k9
$A^*$	99	92	0.23	22.7	88.5	25	14	301	0.069
$A^\circ$	96	85	0.41	15.9	87	15	11	197	0.1
$A_1$	99	92	0.41	18	88.5	17	12	238	0.1
$A_4$	98	91	0.26	22.7	88.3	25	14	301	0.094
$d_p^*(A_1)$	0	0	0.18	4.7	0	8	2	63	0.031
$d_p^*(A_4)$	1	1	0.03	0	0.2	0	0	0	0.013
$d_p^\circ(A_1)$	3	7	0	2.1	1.5	2	1	41	0.0
$d_p^\circ(A_4)$	2	6	0.15	6.8	1.3	10	3	104	0.06

Z przeprowadzonej analizy wynika iż najbliższym wektora optymistycznego jest wariant  $A_4$  i on również jest najbardziej oddalony od wariantu pesymistycznego, czyli jest wariantem najlepszym i jego należy wprowadzać w życie. W ten sposób etapowa analiza sytuacji pozwoliła powziąć uzasadnioną decyzję o ugrupowaniu wojsk OP, uwzględniającą możliwe i prawdopodobne warianty działania zarówno ŚNP przeciwnika jak i wojsk OP. Jest to przykład powzięcia decyzji w warunkach ryzyka i niepewności wynikających z dynamicznych zmian stanów systemu, wymagających od podejmującego decyzję dużej inicjatywy. Polega ona na stałej ocenie zaistniałej sytuacji, przewidywaniu rozwoju sytuacji w różnych warunkach, dokonaniu częstych porównań i wyboru możliwych rozwiązań. Porównując warianty rozwiązań, przy uwzględnieniu wielu kryteriów ocenowych, do rzadkości należy sytuacja, gdy istnieje wariant rozwiązania pod każdym względem korzystniejszy od pozostałych.

## ZAKOŃCZENIE

Przedstawioną w tej pracy specyfikę problemów decyzyjnych oraz aparatury pojęciowej badań operacyjnych, nie uważam za zamkniętą. Odwrotnie jednym z celów tej pracy jest zasygnalizowanie problemów, wymagających dalszych pogłębionych badań, zwrócenia uwagi na zagadnienia, które tak w teorii jak i praktyce dowodzenia należałoby dostrzegać i uwzględniać, a także podjąć szerszą dyskusję naukową w interdyscyplinarnym gronie naukowców i praktyków zainteresowanych procesem decyzyjnym w siłach powietrznych.

Teoretyczne i metodyczne podejście oraz zaproponowana aparatura pojęciowa powinno stanowić podstawy dla praktyków dowodzenia. Obserwacja powszechnej praktyki wskazuje, że świadomość niepewności i ryzyka wśród oficerów dowodzących siłami zbrojnymi w ogóle a siłami powietrznymi w szczególności jest ciągle niewystarczająca.

Staralem się w tej pracy zawrzeć zwięzłe i konsekwentne wprowadzenie do metodologii rozwiązywania problemów decyzyjnych identyfikowanych w obszarze sił powietrznych. Opracowanie wykracza poza metody badań operacyjnych, które jak starałem się wykazać mogą służyć rozwiązywaniu problemów występujących w praktyce dowodzenia siłami powietrznymi. Powstają, zatem następne ważne zagadnienia naukowe i praktyczne, dotyczące efektywnego i skutecznego wykorzystania w praktyce sił powietrznych metod rozwiązywania problemów, w tym także metodami badań operacyjnych. Obejmują one dwie ważne dziedziny: jak je stosować oraz jak się przygotować do ich stosowania, aby szybko i skutecznie uzyskać zadowalające wyniki? Zagadnienia te zostały w pracy zasygnalizowane, rozwiązane, bądź uporządkowane. Pozostałe wymagają prac badawczych.

Metody badań operacyjnych nie są lekarstwem absolutnym na podejmowanie racjonalnych decyzji, zależą od wielu czynników. Ich efektywność i skuteczność jest uzależniona przede wszystkim od celu, w którym zostały zastosowane, ich elastyczności w dostosowaniu do wymagań, specyfiki problemu, klimatu i przygotowania kadr dowódczych do ich wykorzystywania.

Wiedzę o metodach badań operacyjnych można uzyskać z literatury, przez wymianę doświadczeń czy też szkolenia. Nabycie umiejętności posługiwania się nimi w praktyce dowodzenia jest znacznie trudniejsze i wymaga często współpracy z doradcą organizacyjnym. Pojawienie się obcej osoby w gronie decydentów może wiązać się z odczuciem zagrożenia i wywoływać działania blokujące.

Przygotowanie, zatem praktyków do wprowadzania metod rozwiązywania problemów, a szczególnie metodami badań operacyjnych jest bardzo ważne i trudne.

Metody rozwiązywania problemów są często niedoceniane, a nawet pomijane, gdyż zakłada się, że właściwe rozstrzygnięcia systemowe, ekonomiczne czy prawne wystarczają do funkcjonowania podmiotów dowodzenia. Metody te są jednak istotnym uzupełnieniem praktyki dowodzenia. W warunkach dotychczasowego systemu sił powietrznych w Polsce wykorzystywano je głównie z uwagi na pojawiające się mody, często bez należytej dbałości o ich poprawność merytoryczną. Należy oczekiwać, iż to, że polskie siły powietrzne są w strukturach NATO zdecydowanie zwiększy zapotrzebowanie na metody rozwiązywania problemów dowodzenia, w tym także na metody badań operacyjnych.

Jeżeli niniejsza praca choć w pewnej mierze zwróci uwagę praktyków i teoretyków dowodzenia na potrzebę spojrzenia na zastosowania badań operacyjnych w siłach powietrznych, to informacje w niej zawarte można będzie uznać za relewantne i pożyteczne.

## SPIS LITERATURY

1. Ackoff R. L., Decyzje optymalne w badaniach stosowanych, PWN Warszawa 1969.
2. Adamczyk H. Badania operacyjne Wiesz Warszawa 1999
3. Adamiecki K., O naukowej organizacji, PWE Warszawa 1970
4. Aganbegian A. G., Bagrinowski K.A., Granberg K.G., Modele matematyczno - ekonomiczne w planowaniu gospodarczym, PWE Warszawa 1974.
5. Anderson D. R., Sweeney D. J., Williams T. A., An Introduction to Management Science. Quantitative Approach to Decision Making, West Publishing Co 1982,
6. Antczak S., Organizacja misji w jednostkach lotnictwa sił powietrznych NATO AON Warszawa 2000
7. Antczak S., Zastosowanie niektórych metod badań operacyjnych do oceny pola radiolokacyjnego dla wykrywania obiektów powietrznych na małych wysokościach w brygadzie radiotechnicznej korpusu obrony powietrznej kraju, ASG Warszawa 1978
8. Badach A., Kryński H., Matematyka. Podręcznik dla wydziałów ekonomicznych, Warszawa 1977.
9. Badach A., Kryński H., Zastosowanie matematyki do podejmowania decyzji ekonomicznych, Warszawa 1976.
10. Berger B., Luckmann T., Społeczne tworzenie rzeczywistości PIW Warszawa 1983
11. Bernard Ch. Funkcje kierownicze Wyd. Nowoczesność, Akademia Ekonomiczna Kraków 1997
12. Bolesta - Kukułka Decyzje menedżerskie PWE, Warszawa 2003
13. Bubnicki Z., Identyfikacja obiektów sterowania. PWN, Warszawa 1974
14. Czechowski T., Wprowadzenie do zastosowań matematyki w ekonomii, SGPiS, Warszawa 1966
15. Czemiński A., Trzcieniecki J., Elementy organizacji i zarządzania PWN, Kraków 1997
16. Czerwiński Z., Matematyka na usługach ekonomii, PWN, Warszawa 1969.
17. Czujew J.W., Podstawy badań operacyjnych w technice wojskowej, MON Warszawa 1970
18. Drucker P. F., Zarządzanie w czasach burzliwych Wyd. Nowoczesność, Akademia Ekonomiczna Kraków 1995
19. Encyklopedia organizacji i zarządzania, PWE, Warszawa 1981.
20. Gajda J. B., Model ekonometryczny w optymalnym sterowaniu gospodarką, PWE Warszawa 1993.
21. Garfinkel H., Racjonalne cechy działalności naukowej i potocznej PWN, Warszawa 1984
22. Garfinkel R.S., Nemhauser G. L., Programowanie całkowitoliczbowe, Warszawa 1978.
23. Gass S. I., Programowanie liniowe. Metody i zastosowanie, PWN, Warszawa 1980.
24. Gavrilec I. N. „Liniowe modele optymalnego wzrostu gospodarki planowej”. W: „Zastosowanie matematyki w badaniach ekonomicznych”. Warszawa 1968.
25. Goldberger A. S., Teoria ekonometrii, PWE, Warszawa 1972, Rozdział II.
26. Greniewski H., Informacja w zastosowaniu do planowania i zarządzania, PWN, Warszawa. 1991
27. Griffin R. W., Podstawy zarządzania organizacjami, PWN Warszawa 1996
28. Grudzewski W. M., M« Wermus „Problemy wielokryterialne w zagadnieniach podejmowania decyzji”. Zarządzanie nr 4, 1979.
29. Gulski B., Skurzyńska –Sikora K., Szloch Z.M., Podstawy organizacji i zarządzania CSSiA Lublin 1998.
30. H. Stcinmann i G. Schreyogg Zarządzanie podstawy kierowania przedsiębiorstwem Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej Wrocław 1995 s.18
31. Ignasiak E. (red.), Badania operacyjne, PWE, Warszawa, 1996.
32. Ignasiak E., Optymalizacja projektów inwestycyjnych, PWE Warszawa 1994.
33. Ignasiak E., Programowanie sieciowe, Warszawa 1975.
34. J.Antoszkiewicz, Metody heurystyczne, PWE, Warszawa 1990.
35. J.Kozielecki, Myślenie i rozwiązywanie problemów, PWN, Warszawa 1992.
36. J.Kozielecki, Psychologiczna teoria decyzji, PWN, Warszawa 1975.
37. J.Skibiński. Heurystyka w dowodzeniu, ASG, Warszawa 1983.
38. Judin D. B., Golsztein E. G., Metody programowania liniowego, WNT, Warszawa 1964.
39. Kalichman J. L., Algebra liniowa i programowanie, PWN Warszawa 1971.
40. Kalichman J. L., Zadania z algebry liniowej i programowania liniowego, PWN, Warszawa, 1974.
41. Karwacki Z., Konarzewska I., Elementy teorii podejmowania decyzji, seria: Metody badań

- operacyjnych, Absolwent, Łódź, 1997.
42. Kasprzyc A., Romański J., Ćwiczenia z matematyki. Skrypt dla studentów kierunków ekonomicznych, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń, 1989.
  43. Kasprzyc A., Romański J., Wykłady z matematyki. Skrypt dla studentów kierunków ekonomicznych, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń, 1984.
  44. Kasprzak T. „Analiza działalności systemów ekonomicznych”, Warszawa 1978.
  45. Klepacz H., Porazińska E., Wprowadzenie do zastosowań matematyki w ekonomii. Przykłady i zadania, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 1978.
  46. Kleszcz R., O racjonalności Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego Łódź 1998
  47. Kolupa M, Elementarny wykład z algebry liniowej dla ekonomistów, PWN, Warszawa 1973.
  48. Konarzewska - Gubała E., Programowanie przy wielorakości celów, PWN Warszawa 1980.
  49. Korhanen P., Wallenius J., Multiple Criteria Decision Support, Tutorial, PHOENIX ORSA/TIMS, Helsinki School of Economics, November 1993, maszynopis.
  50. Koziół J., Psychologiczna teoria decyzji, PWN Warszawa 1975.
  51. Koziół J., Gry decyzyjne w teorii i praktyce dowodzenia, AON, Warszawa, 2001
  52. Koziół J., Informacyjne wsparcie decyzji militarnych AON Warszawa 2000.
  53. Koziół J., Metodologiczne aspekty dowodzenia obroną powietrzną, AON, Warszawa, 1994.
  54. Koziół J., Podejmowanie decyzji o obronie powietrznej AON Warszawa 1996
  55. Koziół J., Podejmowanie decyzji o obronie powietrznej, AON, Warszawa 1996,
  56. Koziół J., Zarządzanie ryzykiem w siłach powietrznych, AON, Warszawa 2002.
  57. Krawczyń J., Badania operacyjne dla menedżerów AE Wrocław 1999
  58. Krzyżanowski L., O podstawach kierowania organizacjami inaczej ... PWN, Warszawa 1999.
  59. Kukula K. (red.), Badania operacyjne w przykładach i zadaniach, PWN, Warszawa, 2000.
  60. Kurnal J., Encyklopedia Organizacji i Zarządzania, PWE, Warszawa 1982 s. 205
  61. Leksykon, PWN, Warszawa 1971.
  62. Leon J., Frąckiewicz J., Systemy sprawnego działania ANTYK, Warszawa 2000
  63. Lewicka M., Czy jesteśmy racjonalni PWN, Warszawa 1997
  64. Losee J., Wprowadzenie do filozofii nauki Prószyński i S-ka Warszawa 2001
  65. Łapińska - Sobczak N., Modele optymalizacyjne. Przykłady i zadania, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 1992.
  66. Łapińska - Sobczak N., Modele optymalizacyjne. Przykłady i zadania, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 1998.
  67. Malewski M., Wieczorek A., Sosnowska H., Teoria gier W ekonomii i naukach społecznych, PWN, Warszawa 1997.
  68. Mazur M., Cybernetyka i charakter, PWN, Warszawa 1976.
  69. Michalak W., Koziół J., Zarządzanie strategiczne w siłach powietrznych AON, Warszawa 2003
  70. Miller D. W., M. L. Starr „Praktyka i teoria decyzji”. Warszawa 1971.
  71. Miszczyńska D., Miszczyński M., Wybrane metody badań operacyjnych, Wyższa Szkoła Ekonomiczno - Humanistyczna z siedzibą w Skierniewicach, Skierniewice, 1997.
  72. Miszczyński M., Programowanie liniowe. Elementy teorii i zadania, seria: Metody badań operacyjnych, Absolwent, Łódź, 1996.
  73. Morse P. M., G. E. Kimball „Metodę of Operations Research”, New York 1951.
  74. Nosal Cz., S., Psychologia myślenia i działania menedżera, Akade, Kraków 2001.
  75. Obłój K. „Badania operacyjne - anatomia metody”. Organizacja i Kierowanie nr 3-4, 1982.
  76. Olszewski S. O technice materialnej i naukach technicznych, Ossolineum, Wrocław 1972.
  77. Owen G., Teoria gier, PWN, Warszawa 1975.
  78. Penc J., Strategie zarządzania, Placet, Warszawa 2001
  79. Porazińska E., Algebra. Zeszyt 4. Układy nierówności liniowych, Absolwent, Łódź, 1995
  80. Rogalska D., Programowanie liniowe. Algorytmy i zadania, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 1998.
  81. Scott E.W., Cummings I.I., Zachowanie człowieka w organizacji, PWN, Warszawa 1987
  82. Siwak T., Badania operacyjne dla inżynierów Wyd. AGH Kraków 1998
  83. Stabryła A., Doskonalenie struktury organizacyjnej, PWE, 1998
  84. Stoner J.A.F., Wankel Ch., Kierowanie PWE Warszawa 1992
  85. Sutherland S., Rozum na manowcach: dlaczego postępujemy irracjonalnie KiW Warszawa 1996
  86. Szymczak M., Słownik Języka Polskiego, PWN, Warszawa 1978.
  87. Trzaskalik T. (red.), PROGLIN. Pakiet dydaktyczny programów komputerowych programowania liniowego, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im Karola Adamieckiego, Katowice 1996.

88. Trzaskalik T., Badania operacyjne z komputerem, seria: Metody badań operacyjnych, Absolwent, Łódź, 1997.
89. Trzaskalik T., Modelowanie optymalizacyjne, seria: Metody badań operacyjnych, Absolwent, Łódź, 1997.
90. Trzaskalik T., Wielokryterialne dyskretne programowanie dynamiczne. Teoria i zastosowanie w praktyce gospodarczej, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im Karola Adamieckiego, Katowice 1990.
91. Tyszka T. Psychologiczne pułapki oceniania i podejmowania decyzji. Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk 1999.
92. Wagner M.H., Badania operacyjne PWE Warszawa 1990
93. Webber R.A. Zasady zarządzania organizacjami PWE Warszawa 1996
94. Witkowska D. (red.), Zbiór zadań z badań operacyjnych, seria Wydawnictw Dydaktycznych Wydziału Organizacji i Zarządzania, Politechniki Łódzkiej, Menadżer, Łódź, 2001.
95. Witkowska D., Metody wspomaganie podejmowania decyzji w zarządzaniu, seria Wydawnictw Dydaktycznych Wydziału Organizacji i Zarządzania, Politechniki Łódzkiej, Menadżer, Łódź, 2001.
96. Witkowska D., Wprowadzenie do badań operacyjnych, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 1996.
97. Wróblewski R., Wprowadzenie do strategii wojskowej, AON Warszawa 1998.
98. Zieleniewski J. Organizacja i zarządzanie PWN Warszawa 1979

15. [Illegible text]

16. [Illegible text]

17. [Illegible text]

18. [Illegible text]

19. [Illegible text]

20. [Illegible text]

21. [Illegible text]

22. [Illegible text]

23. [Illegible text]

24. [Illegible text]

25. [Illegible text]

26. [Illegible text]

27. [Illegible text]

28. [Illegible text]

29. [Illegible text]

30. [Illegible text]

31. [Illegible text]

32. [Illegible text]

33. [Illegible text]

34. [Illegible text]

35. [Illegible text]

36. [Illegible text]

37. [Illegible text]

38. [Illegible text]

39. [Illegible text]

40. [Illegible text]

41. [Illegible text]

42. [Illegible text]

43. [Illegible text]

44. [Illegible text]

45. [Illegible text]

46. [Illegible text]

47. [Illegible text]

48. [Illegible text]

49. [Illegible text]

50. [Illegible text]

51. [Illegible text]

52. [Illegible text]

53. [Illegible text]

54. [Illegible text]

55. [Illegible text]

56. [Illegible text]

57. [Illegible text]

58. [Illegible text]

59. [Illegible text]

60. [Illegible text]

61. [Illegible text]

62. [Illegible text]

63. [Illegible text]

64. [Illegible text]

65. [Illegible text]

66. [Illegible text]

67. [Illegible text]

68. [Illegible text]

69. [Illegible text]

70. [Illegible text]

71. [Illegible text]

72. [Illegible text]

73. [Illegible text]

74. [Illegible text]

75. [Illegible text]

76. [Illegible text]

77. [Illegible text]

78. [Illegible text]

79. [Illegible text]

80. [Illegible text]

81. [Illegible text]

82. [Illegible text]

83. [Illegible text]

84. [Illegible text]

85. [Illegible text]

86. [Illegible text]

87. [Illegible text]

88. [Illegible text]

89. [Illegible text]

90. [Illegible text]

91. [Illegible text]

92. [Illegible text]

93. [Illegible text]

94. [Illegible text]

95. [Illegible text]

96. [Illegible text]

97. [Illegible text]

98. [Illegible text]

99. [Illegible text]

100. [Illegible text]



S/6379

14, —