

DANES-PICTA.COM

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. generała broni K. Świerczewskiego


ZESPÓŁ BADAŃ OPERACYJNYCH

Egz. Nr. 49

płk dr J. SKIBIŃSKI

**FORMALIZACJA PROCESU WOJSKOWYCH BADAŃ
OPERACYJNYCH**

Część III

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/494

05-848888-002-0



12858



AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
im. generała broni K. Świerczewskiego

ZESPÓŁ BADAŃ OPERACYJNYCH

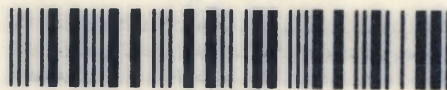
Egz. Nr. 49

plk dr J. SKIBIŃSKI

**FORMALIZACJA PROCESU WOJSKOWYCH BADAŃ
OPERACYJNYCH**

Część III

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/494



05-~~0000~~-002-0



12858

REMBERTOW

WRZESIEŃ

1964

AKADEMIA SZTABU GENERALNEGO
lim.gen.broni K.Swierczewskiego

ZESPOŁ BADAN OPERACYJNYCH



płk dr J. SKIBIŃSKI

FORMALIZACJA PROCESU WOJSKOWYCH BADAN OPERACYJNYCH

cz. III

REMBERTÓW

wrzesień

1964 r.

A. Formalizacja procesu badawczego w nauce wojennej.

1. Założenia wstępne.
2. Przedmiot i metody teorii wnioskowania matematycznego w nauce wojennej.
3. Rola i znaczenie wnioskowania matematycznego w kolejnych etapach procesu badawczego.
 - 3.1. Etap abstrakcji.
 - 3.2. Etap stopniowej konkretyzacji.
 - 3.3. Etap weryfikacji.
4. Wnioski ogólne.

B. Metody i modele matematyczne w badaniach operacyjnych.

1. Charakter podstawowych grup metod.
2. Dwuetapowa struktura procesu badawczego.
3. Czterostopniowa struktura procesu badawczego.
4. Niektóre istotne trudności występujące w procesie badawczym.

A. FORMALIZACJA PROCESU BADAWCZEGO W NAUCE WOJENNEJ.

1. Założenia wstępne

Naukę wojenną socjalizmu traktujemy jako system wiedzy o prawidłowościach zachodzących w procesie wojny, /w istocie swej zjawisku społecznym/, a więc dotyczących sposobów jej przygotowania i prowadzenia w określonej sytuacji historycznej oraz wykorzystania tych prawidłowości dla osiągnięcia celów wytycznych przez politykę państwa /bloku/ socjalistycznego. Przedmiotem nauki wojennej jest więc poznanie tych prawidłowości oraz w oparciu o nie, opracowanie jak najlepszych sposobów i form organizacji, przygotowania i prowadzenia działań wojennych.

Z tytułu charakteru społecznego przedmiotu badań, nauka wojenna należy do grupy nauk społecznych. Z tytułu zespołu metod stosowanych w procesie badawczym^{1/} przyjęto naukę wojenną zaliczać do grupy nauk empirycznych. Można w niej przy tym stwierdzić istnienie związków właściwych tak naukom nomotetycznym /lepiej - nomologicznym/ i ideograficznym, jak również o charakterze prakseologicznym, który pozwala nie tylko opisywać zjawiska lecz stwarza warunki dla wyznaczania kryteriów oceny /prakseologicznej/ skuteczności działania. Powyższe postulaty, określające miejsce nauki wojennej we współczesnym systemie klasyfikacji nauk, znajdują równocześnie odzwierciedlenie w szczególnym charakterze treści i form procesu poznawczego właściwego dla nauki wojennej oraz osiągniętych wyników badań. Treść nauki wojennej, jak i wszystkich nauk społecznych dotyczy zjawisk, charakteryzujących się zarówno elementami /czynnikami/ niemierzalnymi tj., których nie można określić w postaci ścisłych sformułowań matematycznych^{2/}, jak i - kwantytatywnymi /mierzalnymi/, które można przedstawić właściwie tylko w postaci

1. Klasyfikację nauki wg kryterium metody badawczej - wprowadzono tu tylko jako pewną odmianę klasyfikacji, stosowaną niekiedy w celach metodologicznie ograniczonych i doraźnych. Klasyfikację marksistowską przeprowadza się bowiem wyłącznie wg kryterium ruchu materii, a więc przedmiotu badań.

2/ Przy obecnym stanie wiedzy matematycznej.

sformalizowanej, tj. przy zastosowaniu matematyki^{3/}.

Istnienie ścisłej współzależności i uwarunkowania obu typów zjawisk nie świadczy, że w toku procesu badawczego należy rozpatrywać równocześnie wszystkie tkwiące w nich cechy, aspekty, powiązania i relację, występujące często w różnych przedziałach czasowych w odmiennych postaciach. Dojście do słusznych wniosków i hipotez roboczych byłoby w tych warunkach niezwykle utrudnione, jeśli nie ^{nie}możliwe, zwłaszcza przy problemach, w których w równej mierze decydują elementy kwantytatywne i niemierzalne. Jak można zauważyć, tak właśnie kształtuje się proces poznawczy w ogólnej teorii nauki wojennej, a zwłaszcza w sztuce wojennej, podobnie w ekonomice wojennej, organizacji i przygotowaniu sił zbrojnych itp. Stąd też niezależnie od założeń podstawowych, na których opiera się cała konstrukcja procesu badawczego, w poszczególnych jego etapach występuje "techniczna" konieczność doraźnego łączenia elementów /czynników/ o tym samym charakterze i rozpatrywania ich zgodnie z regułą "ceteris paribus", niezależnie od współzależnych im elementów o odmiennym charakterze. Np. rozpatrując współczesne zasady ogólne walki w mieście, nie możemy równocześnie uwzględniać stopnia wyszkolenia obu stron walczących, ich stan^u moralnego, wrażliwości na zaskoczenie itp.

Stąd też, wydaje się słusznym, aby konstrukcję procesu poznawczego w nauce wojennej rozpatrywać z dwóch stron. Jedną z nich metodologiczną, określa stopień wzajemnego powiązania i uwarunkowania dwóch grup metod: grupy metod myślenia i grupy metod badania związków logicznych między tezami systemu^{4/}. Ogólnie rzecz biorąc, strona ta dotyczy osądu /krytyki/ podejmowanych czynności badawczych, składających się na całość procesu poznawczego z punktu widzenia

3/ Świadomie nie wprowadzam powszechnie używanych terminów: tj. "czynniki jakościowe" dla zjawisk pierwszej grupy i "czynniki ilościowe" dla zjawisk drugiej grupy. Pojęcie te stosowane są w filozofii przy charakterystyce ogólnej zjawisk występujących w procesie rozwoju społecznego i znaczenie ich jest o wiele szersze i bardziej złożone.

4/ Por.: "O podstawach metodologii ogólnej nauki wojennej". str. 25.

sensowności i niesprzeczności tez wynikających z zastosowania odpowiedniego systemu /np. dedukcyjnego/ oraz spójności wewnętrznej systemu z punktu widzenia logiki. Drugą stronę procesu poznawczego, prakseologiczną, określa przyjęta, racjonalnie uzasadniona droga^{5/} postępowania badawczego. Zewnętrznym jej wyrazem jest usystematyzowanie pracy badawczej pod względem logiczno-strukturalnym. Wyrażamy ją w postaci procesu trójetapowego /trójstadijalnego/. Wyodrębniamy w nim następujące kolejne etapy:

- a/ abstracji;
- b/ stopniowej konkretyzacji;
- c/ weryfikacji^{6/}.

Budowę na tej drodze każdej teorii czy hipotezy można podejmować przy pomocy jednej z dwóch zasadniczych metod. Pierwszą - polega na tym, by w oparciu o istniejące wyniki badań danego przedmiotu, wybrać i badać nowe problemy, aby w ten sposób uzyskać przesłanki do późniejszych uogólnień. Jest to typowa metoda indukcyjna, budowania zrębów całości w oparciu o znajomość luźnych często fragmentów. Druga - dedukcyjna - określa uogólniony charakter założeń wyjściowych właściwych dla danego problemu oraz wynikające z nich sformułowania podstawowe, z których wyznacza się do badań problemy zasadnicze i niezbędne dla dostatecznego poznania obrazu całości. Metoda ta ma tę przewagę nad indukcyjną ponieważ pozwala naszkicowany obraz całości rozłożyć na części w sposób możliwie oszczędny: na tle całości widać bowiem wyraźnie wagę i kolejność ważności problemów szczegółowych. Zewnętrznym wyrazem tej metody jest oparcie się na założeniach podstawowych prakseologii. Stosowanie reguł racjonalnego działania w procesie badawczym nad wyeksponowa-

5/ W znaczeniu prakseologicznym: "droga" ... to "zbiór rzeczy tak uporządkowany, że n-ty jego człon pozostaje w ustalonym stosunku do n-tego członu ciągu faz materiału danego zdarzenia" /tj. np. problemu naukowego/. T.Kotarbiński.

/Wybór Pism" PWN, Warszawa 1957 r. t.1 s.709.

6/ Szczegółowe wyjaśnienie tych pojęć: "O podstawach metodologii ogólnej nauki wojennej" str.32 i dalsze.

nym /ceteris paribus/ problemem o charakterystyce kwantytatywnej, wymaga z kolei użycia aparatu wnioskowania dedukcyjnego, a więc takich dziedzin jak teoria modeli, teoria programowania, teoria diagnozy itp. dla których aparat matematyczny jest narzędziem podstawowym.

Jak wynika z logiczno-strukturalnej specyfiki trojetapowego podziału procesu badawczego, w każdym etapie rola wnioskowania dedukcyjnego jest inna, gdyż odmienne są ich cele i zadania w procesie badawczym.

Przejście do rozpatrzenia tego problemu wymaga jednak uprzedniego naświetlenia istoty wnioskowania dedukcyjnego, jego celu, roli i znaczenia dla procesu poznawczego nauki wojennej. Dla dalszych rozważań wygodniej będzie, jeśli zawiązując ten problem ograniczymy się tylko do rozpatrzenia wnioskowania matematycznego, traktując je jako jedną z podstawowych "technik" wnioskowania dedukcyjnego.

Zauważmy jednocześnie, że w toku procesu poznawczego nauka wojenna wyznacza abstrakcje naukowe /kategorie, prawa i teorie/ nie tylko od strony ich charakteru jakościowego, lecz konfrontując je z rzeczywistością, weryfikuje ich wartość obiektywną wykorzystując w znacznej mierze ich stronę kwantytatywną. W rezultacie procesu poznawczego nauka wojenna stwierdza charakter związków zachodzących między zjawiskami elementarnymi, składającymi się na przedmiot badań, określa prawidłowości występujące w badanej rzeczywistości, formułuje prawa^{7/}. Kwantytatywna strona nauki wojennej nie przesądza

7/ Prawidłowość traktujemy jako pojęcie o szerszym zakresie treściowym niż prawa. W porównaniu z rzeczywistością, zawężającą, bogatą i stale zmniejszającą się, a więc w porównaniu z wyrażającymi rzeczywistość obiektywnymi prawidłowościami, pojęcie prawa wyraża pewną ograniczoność, jednostronność, jest ich odbiciem w umysłach ludzi.

Wg Lenina: "prawo = spokojne odbicie zjawisk"; a obok w uwadze: "Określenie wybitnie materialistyczne i wybitnie trafne /dzięki wyrazowi "spokojne"/. Prawo ujmuje to co spokojne - i dlatego prawo, wszelkie prawo, jest ciasne, niezapekne, przybliżone!"

"Prawo jest odbiciem tego, co istotne w ruchu universum".

"Filosofskie tietradi". Moskwa 1947 r. str. 126, 127.

Por. podobno sformułowanie tych pojęć przedstawione przez A. Schaffa: "Prawidłowość ... dotyczy procesów i zjawisk, w których występują konieczne pewtarzalne związki"....

"Te związki wchodzi zawsze w skład określonych procesów i stanowią ich charakterystykę, jako procesów przeciągających zgodnie z danym prawem /czy kompleksem praw/; ...

"konieczne, tzn. takie, które występują i nie mogą nie występować w danych warunkach". "Obiektywny charakter praw historii". Warszawa 1955 r. s. 35.

aby elementy ilościowe decydowały o charakterze względnie wszystkich jej kategorii, ponieważ te ostatnie wyrażają treść i funkcjonalne zależności między zjawiskami, zatem w końcowym stadium procesu badawczego, doprowadzając do poznania ogólnych, obiektywnych praw i ich charakteru w danym przedziale czasowym /zasięgu historycznym/, np. podstawowego prawa wojny badanej formacji ekonomiczno-społecznej, względnie teorii efektywności działań sił zbrojnych w rozpatrywanym okresie rozwoju sztuki wojennej itp.

2. Przedmiot i metody teorii wnioskowania matematycznego w nauce wojennej

Terminem "wnioskowanie matematyczne" określimy tę z wielu dróg postępowania badawczego, w której aparat matematyczny jest głównym środkiem zapewniającym prawidłowość przebiegu procesu dowodowego oraz ścisłość wyników uzasadniających przyjętą hipotezę. Problem stosowania wnioskowania matematycznego w procesach badawczych nauk społecznych był do niedawna w krajach socjalistycznych przedmiotem żywych dyskusji. Chodziło wówczas o rozstrzygnięcie sprawy zasadniczej: czy sformalizowany język matematyki może mieć zastosowanie przy rozpatrywaniu treści abstracji nauk społecznych oraz uwarunkowań i współzależności występujących między nimi; czy w świetle coraz bardziej złożonego układu stosunków społecznych, aktualny stan rozwoju matematyki może zapewnić obiektywną ścisłość dowodu na wysuniętą hipotezę.^{8/}

Sens ostatecznego rozstrzygnięcia tego problemu nie budzi już obecnie wątpliwości, wynika on bowiem z rozwoju

8/ Najbardziej ożywione spory toczyły się na bazie ekonomii. Nie będziemy tu przedstawiali argumentów wysuwanych przez zwolenników i przeciwników stosowania metod wnioskowania matematycznego w ekonomii. Stwierdzimy tylko, że w końcowej fazie tej dyskusji z inicjatywy Syberyjskiej Akademii Nauk ZSRR w marcu 1960 r. odbyła się konferencja naukowa ekonomistów, na której w zasadzie nie dyskutowano już czy stosować te metody w ekonomii, lecz jak je wprowadzać w życie, aby przy minimum środków przyczynić gospodarce narodowej optymalne korzyści. Por. skrót sprawozdania z tej konferencji: *Matematičeskije metody w ekonomike*. "Woprosy ekonomiki" nr 8/1960 s. 100-128.

wszelkich nauk, a w tym i nauk społecznych, jest obiektywną, historycznie uzasadnioną koniecznością.

Podstawę do tego uzasadnienia daje rozwój samej matematyki, jej rola w świecie nauki współczesnej i stale rosnące znaczenie, jako jednego z coraz bardziej niezastąpionych narzędzi w procesie poznawczym niemal każdej nauki.

Matematyka jest jedną z nauk o rzeczach i zjawiskach świata materialnego. Odzwierciedlając rozwój myśli ludzkiej w postaci abstrakcyjnej, matematyka określa obiektywnie logiczne związki ilościowe, zachodzące przede wszystkim między przedmiotami w przyrodzie a w mniejszym stopniu między przyrodą a myśleniem^{8a/}.

Charakteryzując matematykę Engels pisał: ...

"Przedmiotem czystej matematyki są formy przestrzenne i stosunki ilościowe rzeczywistego świata, a więc materiał bardzo realny. Fakt, że materiał ten występuje w formie w najwyższym stopniu abstrakcyjnej, może tylko powierzchownie przysłonić jego pochodzenie z świata zewnętrznego, żeby jednak te formy i stosunki można było badać w czystej postaci, trzeba je całkowicie oddzielić od ich treści, odrzucić ją jako obojętną; w ten sposób otrzymujemy punkty bez wymiarów, linie bez grubości i szerokości, wszystkie te a i b, x i y, stałe i zmienne, a dopiero na samym końcu dochodzimy do własnych swobodnych tworów i fantazji rozumu, mianowicie do wielkości urojonych. Również pozorne wyprowadzanie jednych wielkości matematycznych z innych dowodzi nie ich apriorycznego pochodzenia, lecz jedynie ich racjonalnego związku... Ale jak w ~~w~~ wszystkich dziedzinach myśli, na pewnym stopniu rozwoju prawa wyabstrahowane z rzeczywistego świata zostają od niego oddzielone i przeciwstawione mu jako coś samodzielnego, jako płynące z zewnątrz prawa, którym świat ma się kierować. Tak dzieła się w społeczeństwie i w państwie. Tak, a nie inaczej czysta matematyka jest potem stosowana do

8a/ Nie wszystkie teorie matematyczne mają charakter ilościowy, np. logika matematyczna, teoria mnogości, topologia, algebra abstrakcyjna itp.

świata, choć jest wzięta właśnie z tego świata i wyobraża tylko część jego form składowych i właśnie tylko dlatego może być "w ogóle stosowana"^{9/}.

Na rozwój matematyki wywierają również wpływ inne nauki wysuwając w stosunku do niej stale rosnące wymagania. Nauki społeczne jak ekonomia, psychologia, socjologia, a ostatnio i nauka wojenna wysuwają przy tym wymagania szczególnego charakteru, gdyż rozpatrywanie związków ilościowych jest ściśle uwarunkowane jakościowo. Wymagania te wynikają zresztą z ogólnego celu wszystkich nauk: wykrywanie i poznawanie prawidłowości i praw realnej rzeczywistości, przewidywanie kierunków zachodzących zmian w celu praktycznego ich wykorzystania.

Wnioskowanie matematyczne, jako jedyna dotąd droga postępowania badawczego w dziedzinie związków ilościowych przystępuje obecnie coraz śmiałej do rozpatrywania związków jakościowych oraz ustalania warunków współzależności między czynnikami i związkami ilościowymi i jakościowymi. Wnioskowanie matematyczne staje się coraz poważniejszym narzędziem wszystkich niemal nauk w wykrywaniu i poznawaniu realnej rzeczywistości.

Nauka wojenna, jako nauka społeczna, podlega tym samym obiektywnym prawidłowościom rozwoju jak i inne nauki społeczne. Państwa socjalistyczne mogą na tyle właściwie wykorzystywać obiektywne prawidłowości rozwoju nauki wojennej na ile zdołają poznać charakter zachodzących w niej zmian. Innymi słowy: wyniki nauki wojennej będą tylko wtedy przyczyniały realne korzyści państwu socjalistycznemu, gdy będą wynikały z wszechstronnych badań nad przewidywanym charakterem przyszłej wojny przy użyciu wszelkich dyspozycyjnych środków poznawczych. Warunek ten decyduje nie tylko o słuszności wypracowywanej doktryny wojennej i wynikających z niej zasad ogólnych organizacji i prowadzenia działań na szczeblach operacyjnych i taktycznych, lecz również o słuszności wybranego kierunku rozwoju ekonomicznego w zakresie przygotowania bazy materiałowej, technicznej, społeczno-administracyjnej, organizacyjnej itp.

1- - - - -

9/ F. Engels; Anty - Düring "Książka" Warszawa 1948 r. s.48-49.

Doświadczenia ubiegłych wojen wykazały, że wiele zasadniczych błędów, przesądzających częstokroć zakłamanie się planów kampanii, a nawet wojny, miało swe źródło w oparciu badań nad charakterem przyszłej wojny na fałszywych przesłankach merytorycznych i zastosowaniu tradycyjnych, przestarzałych metod badawczych. Błędów tych nie uniknął nawet Związek Radziecki w początkowym okresie wojny z faszystowskimi Niemcami. Chodzi tu głównie o treść i sens decyzji wieloetapowych^{10/}, podejmowanych w okresach międzywojennych w zakresie rozwoju ekonomiki wojennej, uzbrojenia sił zbrojnych, polityki zapasów itp. Na przykład żaden ze znanych teoretyków wojskowych czy sztabów generalnych z okresu pierwszej wojny światowej, nie przewidywał, że po pierwszych 4 miesiącach wojny manewrowej nastąpi niemal 4-letni okres stabilizacji frontów. Istota zespołu przyczyn tego stanu leżała w płaszczyźnie ekonomicznej oraz wynikała z błędów doktrynalnych stron walczących.

Analiza przyczyn i skutków pierwszej wojny światowej nie znalazła właściwego odbicia ani w ekonomice wojennej, ani w zagadnieniach doktrynalnych aliantów. Przebieg początkowych okresów późniejszych wojen /kampanii/ uwidocznik wszystkie podstawowe braki w zakresie przygotowań ekonomiczno-militarnych.

Fakt, że polityka aliantów zachodnich w okresie międzywojennym nie była zgodna z interesami ich społeczeństw, a do wojny z faszyzmem przystępowano wbrew własnym założeniom polityczno-doktrynalnym, świadczy o kierowaniu się przesłankami wynikającymi z realnej oceny rzeczywistości i przewidywania rozwoju wydarzeń.

Niemal truizmem stała się już znana marksistowska teza mówiąca o tym, że nie można oprzeć na podstawach naukowych żadnej z dziedzin działalności społecznej i planowo kierować rozwojem społeczeństw, jeśli nie zna się praw ekonomicznych oraz ich konkretnego występowania i jeżeli

10/ Decyzje wieloetapowe uwzględniają logiczny ciąg decyzji pośrednich wynikających z rozwoju kolejnych przyczyn i skutków.

nie uwzględnia się ich oddziaływania. Aby obronić stan zdobyczy socjalizmu, należy również proces poznawania praw walki zbrojnej oprzeć na podstawach przewidywań naukowych, to jest badając rozwój wszelkich elementów procesu walki zbrojnej, zarówno twz. wymiernych, jak i niewymiernych, wykorzystywać wszelkie metody stawiane do dyspozycji przez współczesną naukę oraz stawiać zapotrzebowania na nowe metody.

Wnioskowanie matematyczne jest ważnym środkiem poznania praw i odzwierciedlenia ich bezpośredniego działania w granicach określonych przestrzenią i czasem. Współczesny aparat matematyczny i logiczno-matematyczny jest w stanie odzwierciedlać liczbowo coraz więcej kategorii nauki wojennej i podstawowych właściwości walki zbrojnej, coraz adekwatniej odzwierciedla stosunki ekonomiczno-społeczne w ich konkretnej formie i działaniu.

W procesie wnioskowania matematycznego szczególną rolę odgrywa metoda aksjomatyczna, jedna z najogólniejszych metod współczesnej matematyki. Istotą tej metody jest wypracowanie systemu aksjomatów odzwierciedlających w sposób jednoznaczny każdą ze stron czy sfer realnej rzeczywistości. Ścisłość matematyczna systemu nie sprowadza się w tym wypadku tylko do formalnej prawidłowego postępowania w ramach rozpatrywanego układu, lecz związana jest ściśle z jasnością dowodu, peknym jego przeprowadzeniem na podstawie wszechstronnych badań. Systemu aksjomatycznego nie przyjmuje się a priori, na podstawie zwykłego konstataowania zaistniałych faktów, lecz wymaga się scharakteryzowania właściwych im związków przyczynowo-skutkowych. Na przykład często będzie występował problem określenia roli i współzależności poszczególnych aksjomatów w teoriach budowanych w sposób dedukcyjny. Niemal z reguły występować będzie również w toku badań konieczność pełności danego systemu.

Innym, nie mniej ważnym narzędziem wnioskowania matematycznego, a niezwykle istotnym dla potrzeb nauki wojennej jest ogólna teoria statystyki oraz wynikająca z niej teoria statystyki militarnej^{11/} oraz statystyk szczegółowych

11/ Termin "Statystyka militarna" przyjęte jako roboczy dla celów związanych z niniejszą pracą.

/np. rodzajów wojsk służb itp/. Zagadnienie to wymaga szczególnego naświetlenia i zostanie rozpatrzone oddzielnie. Tu ograniczymy się tylko do ogólnego przedstawienia przedmiotu teorii statystyki militarnej.

Punktami wyjścia powinny być: przedmiot badań nauki wojennej i zadania ogólnej teorii statystyki. Stąd, jako podstawowe zadanie teorii statystyki militarnej powinno być badanie konkretnych zjawisk i procesów związanych z wojną /w szerokim sensie/, uogólnienie doświadczeń praktyki w oparciu o tworzone stale, naukowo uzasadnione mierniki^{12/} statystyczne w celu uzyskania coraz dokładniejszej jakościowej i ilościowej charakterystyki liczbowej tych zjawisk i procesów.

Wychodząc z tak sformułowanych zadań, przedmiotem badań statystyki militarnej będą określone cechy zjawisk masowych i procesów rzeczywistości wojennej /zachodzących tak w czasie wojny jak i w okresach międzywojennych, dotyczących wejścia i przygotowań kraju i społeczeństwa do wojny/ w ich rozwoju, wzajemnych związkach, sprzecznościach i zachodzących zmianach, ze szczególnym uwzględnieniem tych momentów, w których zmiany ilościowe /nagromadzenia/ przechodzą w nową jakość i tych procesów, które wywołują rozwój. W myśl takich założeń teoria statystyki militarnej /gdyby przystąpić do jej opracowania/ powinna zajmować się m.in. tworzeniem i rozwijaniem systemów pojęć statystycznych, kategorii i mierników, wynikających z potrzeb nauki wojennej, w celu odzwierciedlenia i badania wszelkich aspektów organizacji, przygotowań i dzia-

12/ Rozróżniamy szereg rodzajów mierników o różnych znaczeniach i właściwościach odpowiednio słusznych przy odzwierciedleniu różnych cech zjawisk. Należą do nich wszystkie rodzaje przeciętnych, mierniki określające stopnie i formy rozproszenia /np. odchylenia przeciętne, standartowe itp/, mierniki charakteryzujące rozwój zjawisk masowych i procesów zachodzących w czasie /np. wskaźniki agregatywne, mierniki tendencji rozwojowych itp/, mierniki struktury, mierniki napięcia, mierniki charakteryzujące związki przyczynowe między zjawiskami i procesami /np. współczynniki korelacji itp./.

kań sił zbrojnych w ich nierozłącznym związku z ekonomiką wojenną i gospodarką kraju.

Uwzględniając specyfikę organizacji, przygotowań i działań różnych rodzajów wojsk oraz różne ich potrzeby obciążające gospodarkę narodową, każdy z nich powinien posiadać sobie tylko właściwy system mierników niezbędnych do pełnego i możliwie wszechstronnego badania zjawisk i procesów masowych zachodzących w ramach swej specjalności.

W związku z tym może powstać problem opracowania podstaw i zasad następujących statystyki: wojsk lądowych, lotnictwa, marynarki wojennej, a w każdej z nich ponadto: statystyk związków ogólnowojskowych piechoty, wojsk rakietowych, artylerii, broni pancernej, łączności itd. Statystyka kwatermistrzowska zajmowałaby w tej grupie szczególne miejsce, bowiem zdecydowana większość podejmowanych decyzji wymaga oparcia się przede wszystkim na wnioskach z analizy materiałowego i technicznego zabezpieczenia działań /stany zapasów i ich rejonizacja, transport, remonty, organizacja służby medycznej, problem typowych zestawów bojowych itp./.

Innym, istotnie ważnym narzędziem wnioskowania matematycznego jest również stosunkowo młoda gałąź wiedzy stosowanej, ogólnie znana jako programowanie naukowe. Jedną z jej ważniejszych gałęzi są badania operacyjne, /względnie "analiza operacji"/ przedstawione w poprzednim rozdziale.

Istota tej nauki polega na opracowaniu, rozwiązaniu i weryfikowaniu modeli zamierzonych działań lub badanych zjawisk. Ogólnie rzecz biorąc, modele te przedstawiają w sposób uproszczony funkcjonalne współzależności między parametrami danego procesu czy zjawiska. Jedną z głównych właściwości tych modeli polega na tym, że istnieje pewna swoboda w wyborze rozwiązania danego problemu, zależnie od przyjętego kryterium oceny wyniku. Np. żądany efekt użycia odpowiednich sił i środków w danym działaniu /zespole działań/ można uzyskać wieloma sposobami, odpowiednio planując podział zadań. Swoboda decyzji polega jednak na tym, że

spośród szeregu możliwych do przyjęcia wariantów wybieramy ten, który zapewnia największe korzyści z punktu widzenia przyjętego kryterium: np. minimum czasu przeznaczanego na wykonanie zadań, lub minimum sił i środków wsparcia /osłony/, względnie maksimum obszaru do patrolowania itp.

Należy jednak zastrzec się, że rozwiązanie optymalne konkretnego zadania, uzyskane na drodze wnioskowania matematycznego, nie powinno decydować o jego wprowadzeniu do realizacji, gdyż sama matematyka nie wystarcza, aby bezwzględnie obiektywnie i ostatecznie uargumentować słuszność nawet tych decyzji, w których najbardziej istotną rolę odgrywają czynniki ilościowe. Występują tu bowiem dwa ważne aspekty, które rzutują na istotę i charakter uzyskiwanych wyników, zwłaszcza w naukach społecznych. Pierwszy polega na tym, że jakkolwiek swoistą treść stosunków ilościowych można ściśle formułować wyłącznie na drodze matematycznej, to jednak istnieje realne niebezpieczeństwo, że sformalizowany język wnioskowania matematycznego może w wielu wypadkach wykazywać swoisty sens, zbyt złożony, lub nawet niemożliwy do zinterpretowania go w sposób werbalny.

Drugi aspekt polega na tym, że zarówno wyniki jak i cały tok analityczny, doprowadzający do ich powstania, nie mogą stanowić dowodu potwierdzającego prawdę lub fałsz żadnego z rodzajów abstrakcji naukowych /tj. kategorii, prawa lub teorii/. Matematyka, jako jeden z instrumentów postępowania badawczego zapewnia jedynie prawidłowość przebiegu procesu rozwiązywania teoretycznego modelu zadania. Budowa modelu, tj. ustalenie właściwych relacji między przyjętymi założeniami /w formie parametrów, zmiennych decyzyjnych, warunków szczególnych itp/, które w swej końcowej fazie przyjmuje postać wyrażenia matematycznego /równań, nierówności itp/, nie odbywa się na drodze matematycznej, lecz na podstawie wniosków z rozumowania logicznego. Wynika stąd, że prawdziwość wniosków końcowych zależy wyłącznie od prawdziwości przyjętych założeń i relacji między nimi, a za tym nie można wyłącznie na tej drodze, weryfikować jakiegokolwiek teorii naukowej, zwłaszcza z dziedziny nauk społecznych. Jedynym obiektywnym sprawdzianem słuszności każdego z re-

dzajów abstrakcji naukowych może być wyłącznie rzeczywistość empiryczna, a więc konfrontacja wniosków z praktyką.

3. Rola i znaczenie wnioskowania matematycznego w kolejnych etapach procesu badawczego.

Ogólnie rzecz biorąc tok postępowania badawczego w nauce wojennej nie różni się w swych podstawowych założeniach od stosowanego we wszelkich naukach empirycznych. Mówiliśmy już, że proces badawczy składa się z trzech etapów kolejno następujących po sobie, a mianowicie:

- a/ etapu abstrakcji;
- b/ etapu stopniowej konkretyzacji;
- c/ etapu weryfikacji.

Rozpatrzmy pokrótce udział matematyki w poszczególnych fazach postępowania badawczego.

3.1. Etap abstrakcji.

Podstawowa czynność występująca przy zapoczątkowaniu każdego procesu poznawczego polega na wyodrębnieniu z całości przedmiotu kadeń /zawartego w określonym przedziale czasowym lub przestrzennym/ tych wszystkich najbardziej istotnych elementów /zjawisk/, które stale się w nim powtarzają oraz ustaleniu właściwych związków i współzależności między nimi. Eliminacji tej dokonuje się na drodze wnioskowania wynikającego z zasad logiki, zazwyczaj przez indukcję. Analiza rzeczywistych procesów walki zbrojnej lub zjawisk związanych z tymi procesami powinna doprowadzić do sformułowania kategorii nauki wojennej, tj. do zdefiniowania wyselekcjonowanych elementów, ważnych i istotnych dla badanego przedmiotu, określenie charakteru związków występujących między nimi, tj. praw nauki wojennej^{14/} oraz po odrzuceniu tego co jest zbędne, przypadkowe i nieistotne, powiązańⁱ sformułowanych na tej drodze praw w logiczne systemy jako teorie nauki wojennej. Abstrakcyom tym /kategoriom, prawom, teoriom/ nadaje się zazwyczaj postać definicyjną.

Taka właśnie droga analizy najbardziej istotnych właściwości określonego procesu walki zbrojnej, ogólnie rzecz

14/ Nie wszystkim relacjom między kategoriami nadaje się rangę praw; w pewnych wypadkach relacje te mogą być przedstawione w postaci wniosków.

biorąc, droga od "szczegółu do ogółu" lub inaczej "od konkretnego do abstrakcji", stanowi o treści etapu abstrakcji naukowej. Niewątpliwie, w tym etapie postępowania badawczego w zakresie nauki wojennej rola matematyki jest z natury rzeczy stosunkowo ograniczona. Podejmujemy jednak tezę, że zarówno modele teoretyczne jak i abstrakcje o charakterze kwantytatywnym, występujące w budowanych modelach, można formułować na drodze logiczno-matematycznej.

W świetle powyższych założeń rozpatrzmy stosunkowo prosty przykład możliwości stosowania tego rodzaju rozumowania w celu wyznaczenia efektywności określonego rodzaju techniki bojowej, przewidzianego do udziału w zamierzonym działaniu.

Na wstępie wprowadzimy szereg niezbędnych pojęć.

Efektywnością danego rodzaju techniki /sprzętu i jedynkowych parametrach/ czy też zespołu różnych rodzajów technik, będziemy nazywali liczbową charakterystykę ich cech jakościowych i ilościowych, zapewniającą osiągnięcie zamierzonego celu^{15/}, dla którego dany rodzaj techniki został stworzony, a zespół techniki - zorganizowany.

W ujęciu sformalizowanym /matematycznie/ efektywność mierzy się stosunkiem uzyskanych wyników /stopniem osiągnięcia celu/ do poniesionych nakładów. Np. w działaniach bojowych miernikiem efektywności może być w pewnych przypadkach stosunek strat przeciwnika do strat własnych.

Jeśli wielkość liczbowa efektywności danego obiektu /zespołu/ dotyczy określonych warunków czasu i miejsca oraz roli jaką badany obiekt spełnia /lub powinien spełniać/ zgodnie ze swym przeznaczeniem, wówczas nazwiemy ją efektywnością względną danego obiektu.

15/ Zakładamy, że dany cel jest uzasadniony i społecznie niezbędny w rozpatrywanym okresie, choć w innym okresie może być nierealny lub społecznie niekorzystny. Np. użycie jednostki czołgów ciężkich wzmocnionych haubicami do działań w warunkach terenu lesisto-bagnistego nie przyniesie oczekiwanych korzyści w takim stopniu jak w terenie otwartym. Podobnie społecznie niekorzystnym byłoby wyposażenie wojsk w przestarzały sprzęt bojowy, głównie z powodu niskich kosztów jego produkcji.

Rozpatrując zagadnienia niezależnie od konkretnego czasu, miejsca i warunków działania, a jedynie z punktu widzenia ogólnego celu, dla którego dany obiekt został stworzony - będziemy mieli do czynienia z efektywnością bezwzględną^{16/}.

Przyjmijmy następujące oznaczenia:

- E - efektywność bezwzględna danego zespołu techniki;
- m - ogólna ilość sztuk sprzętu w zespole tego samego rodzaju i typu/np. radiostacji, samochodów, dział itp/;
- n_t - ilość sztuk danego sprzętu działających w momencie t prawidłowo.

Stąd efektywność względna badanego sprzętu, jako funkcja czasu działania oraz warunków i zadań podstawowych, dla których został on stworzony wyniesie:

$$E /t/ = \frac{n_t}{m} \dots\dots\dots /1/$$

Jeśli ponadto uwzględnimy, właściwe w danym okresie działania, warunki pracy danego zespołu sprzętu, np: pora doby, temperatura, stopień wyszkolenia obsług /zakóg/ itp. tj. odpowiednio oznaczając je przez $s_1, s_2 \dots s_n$ ^{17/}, wówczas całokształt tych warunków określimy przez

$$C_1^n s_i \equiv s_1, s_2 \dots s_n \dots\dots, \dots\dots /2/$$

Wprowadzając tę zależność do wzoru /1/ otrzymamy wartość efektywności względnej danego zespołu sprzętu, w stosunku do czasu i warunków działania, a mianowicie:

16/ Niektóre zasady i przykłady obliczania efektywności w dziedzinie zagadnień wojskowych, por: C.MERTILL, G.GOLDBERG, R.H.HOLMHOLZ: "Operation Research, Armament, Launching". Princeton. 1956. Tłum.ros.: Issledowanie operacji. Nowjeweje czasti. Pusk snariadow". Moskwa 1959 ss. 24.43-44, 62; oraz P. M.MORSBY, G.E.KIMBALL: "Methods of Operations Research London 1958, rozdz. 3. Por. też: ptk dipl. J.Skibiński: Teoria przewagi sił zbrojnych. Zarys metodologii wyznaczania efektywności wysiłku wojsk /rozprawa doktorska/, rozdz. 3 Wyl. wewn. ASG.

17/ Wartości liczbowe powyższych warunków będą występowały w jednym z trzech następujących przypadków: 1/ mogą być stałe względem czasu, 2/ mogą stanowić określoną funkcję czasu lub 3/ mogą występować jako zmienne losowe o znanych lub nieznanych gęstościach prawdopodobieństw.

$$E/t/ = \frac{n_t}{m} \left[c_1^n \quad s_i \right] \text{----- /3/}$$

Na podstawie powyższego wyrażenia można określić stan awaryjności danego sprzętu w rozpatrywanym czasie i warunkach działania, nie można natomiast ustalić czasu prawidłowego działania poszczególnych elementów /sztuk/ rozpatrywanego zespołu sprzętu. Ponadto określenie E/t/ z wzoru /3/ wymaga przeprowadzenia szeregu prób przy udziale wszystkich elementów danego zespołu, przy tym w czasie i warunkach zgodnych z założeniem wyjściowym, a co z kolei w szeregu przypadków może okazać się niemożliwe do zrealizowania, choćby nawet z uwagi na zużycie kosztownego sprzętu.

Praktycznie więc wyznaczenie efektywności względnej danego zespołu można przeprowadzić przy zastosowaniu metod matematycznych dla oceny statystycznej zbioru prób dokonywanych przy udziale niewielkiej ilości elementów wybranych przypadkowo z danego zespołu.

Rozpatrzmy pokrótce ten przypadek.

Zgodnie z poprzednim założeniem, w okresie t w danym zespole będzie n_t sztuk sprzętu działającego prawidłowo i $m-n_t$ - uszkodzonego i wymagającego napraw. Wprowadzając do rozważań elementy wybrane z zespołu w sposób losowy /przypadkowy/, prawdopodobieństwo efektywności E/t/, określone wzorem /1/ dla każdego elementu tego zespołu, wyniesie:

$$E/t/ = \frac{n_t}{m} = 1 - \frac{m-n_t}{m} \text{----- /4/}$$

skąd:

$$\frac{1}{m} = \frac{E/t/}{n_t} \text{----- /5/}$$

lochodna prawdopodobieństwa E/t/' względem czasu będzie:

$$\frac{E/t/}{t} = \frac{1}{m} \cdot \frac{m-n_t}{t} \text{----- /6/}$$

lub podstawiając wyrażenie /5/:

$$\frac{L/t/'}{t} = L/t/ \cdot \frac{1}{n_t} \cdot \frac{/m-n_t/}{t} \quad /7/$$

względnie:

$$\frac{L/t/'}{E/t/} = - \frac{1}{n_t} \cdot \frac{/m-n_t/}{t} dt \quad /8/$$

Ostateczną postać funkcji wyznaczającej zależność prawdopodobieństwa $L/t/'$ od czasu, otrzymany po scałkowaniu obu stron, a mianowicie:

$$\frac{1}{n_t} \cdot \frac{/m-n_t/}{t} dt$$

$$L/t/ = e \quad /9/$$

Wyrażenie $\frac{1}{n_t} \cdot \frac{(m-n_t)}{t}$ określa stosunek

chwilowej prędkości występowania uszkodzeń w badanym zespole do ilości sztuk sprzętu działającego prawidłowo. Ponieważ stosunek ten zależy od czasu i zewnętrznych warunków w jakich działa dany zespół zatem, uwzględniając wyrażenie /3/, uzyska on postać:

$$\frac{1}{n_t} \cdot \frac{/m-n_t/}{t} = \frac{n_t}{m} c_1^n s_1 /t/,t \quad /10/$$

a wprowadzając /10/ do wyrażenia /9/ otrzymamy jego uogólnienie:

$$L/t/ = e^{-\int_0^t \frac{n_t}{m} [c_1^n s_1 /t/,t] dt} \quad /11/$$

lub

$$L/t/ = e^{-t \left\{ \frac{1}{t} \int_0^t \frac{n_t}{m} [c_1^n s_1 /t/,t] dt \right\}} \quad /12/$$

Uwzględniając zależność prawidłowej pracy poszczególnych elementów badanego zespołu od czasu i warunków zewnętrznych, wyrażenie /12/ pozwala na przeprowadzanie dalszej analizy wpływu tych warunków na efektywność elementów i wyciągnięcie wniosków tak odnośnie sposobu uzyskania możliwie wysokiej wartości miernika efektywności badanego zespołu w danych warunkach, jak również co do możliwości uzyskania wystarczająco dokładnych ocen statystycznych z podejmowanych prób losowych.

x

x

x

Z kolei rozpatrzmy przykład o nieco odmiennym charakterze relacji zachodzących między wprowadzonymi kategoriami. Chodzić w nim będzie o określenie form prawidłowości zachodzącej między efektywnością zgrupowania wojsk niezbędną do prowadzenia walki i efektywnością sił i środków wymaganą do jej zabezpieczenia /operacyjnego, materiałowego, technicznego itp/.

Wprowadzimy następujące oznaczenia przyjętych kategorii:

W - wartość względna^{18/} sił i środków zamierzonego zgrupowania niezbędną do przeprowadzenia walki z zamierzonym skutkiem w czasie od t_0 do t_n ;

Z - wartość względna sił i środków zamierzonego zgrupowania niezbędną do zabezpieczenia powyższej walki, /przyjmujemy przy tym: że:

$$Z = C \cdot z_1 \quad \text{przy czym } C_1^n \equiv z_1, z_2, \dots, z_n$$

gdzie: z_1, z_2, \dots, z_n - oznaczają wartości względne sił i środków niezbędnych do działań w ramach poszczególnych

18/ wartość względna sił i środków zależy od konkretnych warunków położenia operacyjnego /taktycznego/ toteż może przyjmować różne wielkości liczbowe. Miernik wartości względnej wyznacza się na podstawie ogólnej teorii statystyki. Jest to odrębne zagadnienie, nie związane z rozpatrywanym przykładem.

rodzajów zabezpieczenia; przyjmujemy ponadto, że wielkości W i Z uwzględniają również działania sąsiadów i przełożonego na korzyść danego zgrupowania oraz zostały określone odpowiednio do znanych /w przybliżeniu/ wartości sił i środków przeciwnika w przewidywanej walce;

S - całkowita wartość względna sił i środków aktualnego zgrupowania /które należy przeorganizować do nowego zadania/;

R - przyrost całkowitej wartości względnej sił i środków niezbędnych do wykonania zamierzonego zadania;

p - średni procent W w zgrupowaniu aktualnym; stąd dla Z procent ten wyniesie 1-p;

- środki procent W w zgrupowaniu przyszłym; stąd l - odpowiada Z w tym zgrupowaniu;

k - stopa wzrostu wartości bezwzględnej przy 0 k 1.

Podstawowe zależności wartości względnych określone w czasie będą:

$$\text{dla } t_0 \quad W_{t_0} + Z_{t_0} \quad \text{-----} \quad /13/$$

$$\text{dla } t_n \quad W_{t_n} + Z_{t_n} = S_{t_0} + kR_{t_n}$$

Warunek /13/ przyjęto z pewnym przybliżeniem, gdyż dla uproszczenia rozważań uwzględniono tylko zasadniczy podział sił i środków zgrupowania.

Treść powyższych kategorii wynika z rozważań abstrakcyjnych dyktowanych przez praktykę. Sformułowania te stanowią punkt wyjścia dla określenia podstawowych zależności między nimi, a mianowicie:

$$W = pZ + k q R \quad \text{-----} \quad /14/$$

$$Z = /1-p/ S + /1-k/ \quad /1-q/R$$

Z kolei wprowadzimy do rozważań warunek ogólny, wynikający z prawidłowości rzeczywistej dynamiki wojen okresu maszynowego, a mówiący o stałym wzroście efektywności bezwzględnej sił zbrojnych obu stron w toku trwania wojny^{19/}.

19/ W pewnych sytuacjach warunek ten można traktować jako jedno z założeń rozpatrywanego problemu.

Wartość ten wynika na skutek stosowania coraz lepszej techniki wojennej, zwiększania ilości sił i środków, doskonalszych metod szkolenia wojsk itp. Tempo wzrostu jest dla obu stron różne i może ulegać wahaniom w toku wojny. /Stosunek mierników efektywności bezwzględnej walczących stron jest jedną z ważniejszych czynników przewagi militarnej w danym okresie/.

Dla danego zgrupowania warunek ten w stosunku do czasu przyjmie postać:

$$\frac{S_{t_0}}{R_{t_0}} < \frac{S_{t_n}}{R_{t_n}} \quad \text{----- /15/}$$

Powyższe dwie podstawowe zależności tj. /14/ i /15/ pozwalają wyprowadzić następujące wnioski:

1/ z warunku /14/ wynika, że:

$$\frac{W}{Z} = \frac{kq + p \frac{S}{R}}{1-k / 1- / + /1-p/ \frac{S}{R}} ; \quad \text{----- /16/}$$

2/ na podstawie warunków /15/ można stwierdzić, że przy $k_{t_0} < k_{t_n}$

$$\frac{W_{t_0}}{Z_{t_0}} \leq \frac{W_{t_n}}{Z_{t_n}} ; \quad \text{----- /17/}$$

3/ w wypadku gdyby $k_{t_0} > k_{t_n}$, wówczas relacja /17/ byłaby fałszywa. A zatem może ona wystąpić tylko wtedy, gdy:

$$\frac{k_{t_0} q + p \frac{S_{t_0}}{R_{t_0}}}{1-k_{t_0} / 1-q / + /1-p/ \frac{S_{t_0}}{R_{t_0}}} \leq \frac{k_{t_n} q + p \frac{S_{t_n}}{R_{t_n}}}{1-k_{t_n} / 1-q / + /1-p/ \frac{S_{t_n}}{R_{t_n}}} \quad \text{----- /18/}$$

ponieważ z praktyki wynika, że w warunkach stosunkowo długiego okresu czasu miernik wartości bezwzględnej sił i środków walki wzrasta szybciej niż analogiczny miernik sił i środków służących do jej zabezpieczenia.

Niewątpliwie, na podstawie wyrażenia /17/, stosunkowo złożonego w swej treści, nie można jeszcze oprzeć tezy o strukturze tempa wzrostu wartości bezwzględnej sił i środków przeznaczonych do walki oraz do jej zabezpieczenia, jakie mogą mieć miejsce w przyszłej wojnie. Doświadczenia drugiej wojny światowej wykazało wprowadzić, że na europejskim teatrze działań wojennych występowała prawidłowość, że strona prowadząca działania zaczepne w sposób ciągły, bardziej zdecydowanie przeznaczała siły i środki do grupy W_{t_n} , niż do Z_{t_n} , w stosunku do odpowiednich W_{t_0} i Z_{t_0} , jednak w świetle ilościowych i jakościowych zmian w środkach i sposobach prowadzenia przyszłej wojny, wniosek wysnuty przez analogię mógłby okazać się nieskusny.

Uzyskanie dalszych dowodów uzasadniających kierunek kształtowania się prawidłowości występujących między grupą W i Z związane jest z długim i pracochłonnym procesem badawczym. Ze zrozumiałych względów nie stawialiśmy sobie takiego zadania. Chodziło jedynie o przedstawienie toku wnioskowania matematycznego na stosunkowo prostym przykładzie.

Przebieg wnioskowania był następujący. Na podstawie przyjętych definicji niezbędnych kategorii i po określeniu modelu zadania /wyrażenia /13/ i /14/, uzyskaliśmy wniosek /15/, a następnie, na podstawie zależności /14/ i /15/ - wnioski /16/ i /17/.

Niewątpliwie, do powyższych wyników można by dojść również na drodze analizy logicznej, bez posługiwania się aparatem matematycznym. Nie zmienia jednak istoty rzeczy fakt, że i wówczas tok analizy miałby wiele cech wnioskowania matematycznego, choć nie stosowano by w nim symboli matematycznych. Wydaje się jednak, w powyższym wypadku wnioskowanie matematyczne znaczenie skróciło, uprościło i uściśliło proces etapu abstrakcji.

Współczesna sztuka wojenna dostarcza dzisiaj poważnej ilości przykładów zadań, dla których rozwiązanie optymalne można uzyskać wyłącznie na drodze matematycznej. Ośmielimy się nawet wysunąć tezę, że w wypadku rozwiązywania zadań

o charakterze ilościowym należy przede wszystkim stosować metodę wnioskowania matematycznego. Niewątpliwie, aparat matematyczny będzie wówczas z reguły bardziej złożony /teoria prawdopodobieństwa, statystyka matematyczna, rachunek różniczkowy i całkowy, wektorowy, wyższa algebra itd/, a dla przyspieszenia rozwiązań trzeba będzie niejednokrotnie używać odpowiednich elektronicznych maszyn liczących.

Wprowadzimy niewielką dygresję. Powyższy problem konieczności zastosowania wnioskowania matematycznego można pokrótce zilustrować przykładem z dziedziny planowania transportu określonej ilości zaopatrzenia z 20 składów armijnych do 70 jednostek. Zadanie polega na wyznaczeniu jak najmniejszej ilości środków transportowych, dla przewiezienia powyższego materiału w określonym czasie. Gdyby nawet nie wprowadzać dodatkowych warunków komplikujących tę operację /normalnych na polu bitwy: np. wpływu pogody, stanu dróg, zagrożenie z powietrza itp/, wówczas model zadania będzie składał się z 1400 zmiennych, których funkcje należy zminimalizować. Posługując się zwykłą metodą równań różniczkowych lub różnicowych i stosując przy tym zwykły arytmetometr, uzyskanie optymalnego rozwiązania wymaga ok. 270.000 roboczo godzin, natomiast przy zastosowaniu maszyny liczącej powyższe działania można przeprowadzić w ciągu kilku godzin. Należy przy tym zauważyć, że uzyskanie optymalnego rozwiązania powyższego zadania na drodze rozważań logicznych, lecz bez stosowania aparatu matematycznego jest niemal absolutnie niemożliwe, a przybliżone metody rachunkowe oparte na działaniach z zakresu tzn. algebry niższej mogą doprowadzić do poważnych błędów.

Rekapitulujemy: powyższe rozważania upoważniają nas do następujących stwierdzeń:

1. Przy rozwiązywaniu zadań kwantytatywnych o charakterze dedukcyjnym, stosowanie wnioskowania matematycznego staje się tym bardziej niezbędne im większa ilość zmiennych wchodzi w skład jego modelu. Istnieje wiele typów zagadnień, dla których wnioskowanie sformalizowane jest jedyną drogą prowadzącą do rozwiązania optymalnego, właściwego dla warunków określanych w modelu.
2. Stosowanie wnioskowania matematycznego w ramach etapu abstrakcji, zwłaszcza w złożonych procesach badawczych,

stwarza realne warunki do poważnej ekonomizacji wysiłku umysłowego oraz znacznie przyspiesza uzyskanie ściśle uzasadnionych wyników /wniosków/.

3.2. Etap stopniowej konkretyzacji.

Uzyskanie rozwiązania optymalnego zależy od wprowadzenia do modelu zadania możliwie wszystkich czynników charakterystycznych dla badanego zjawiska /parametrów, warunków współzależności itp/. W poprzednim etapie, przy formułowaniu modelu zadania uwzględniano jedynie kategorie najbardziej podstawowe, najistotniejsze, pomijano natomiast wszystkie inne o znaczeniu drugorzędym, ubocznym. Uzyskane wyniki określały najogólniejszą postać badanego zjawiska, pozwalały na sformułowanie prawidłowości i praw w ich formie pierwiastkowej, jakgdyby wstępnej, przygotowanej do dalszych badań w następnym z kolei etapie: stopniowej konkretyzacji /czasem stosuje się określenie /etap "kolejnych przybliżeń"/.

Proces badawczy w tym etapie polega na stopniowym wzbogacaniu badanego zjawiska coraz bardziej szczegółowymi elementami /parametrami, współzależnościami itp/. Jest to więc jakgdyby proces odwrotny w stosunku do rozpatrywanego w etapie abstrakcji, gdyż zbliżamy się w nim od istoty zjawiska do coraz bardziej konkretnych form jego przejawiania się w rzeczywistości^{20/}. Treścią tego etapu jest wyjaśnienie prawidłowości i formułowanie praw rządzących badanym zjawiskiem /względnie, w wypadkach szczególnych uzyskanie wniosków przyczynkowych, związanych z badanym zjawiskiem/, zbliżenie ich do rzeczywistości, lecz jeszcze nie skonfrontowanych z nią i nie zweryfikowanych.

W rozpatrywanym etapie procesu badawczego znaczenie aparatu matematycznego wzrasta, bowiem niezależnie od normalnego udziału w procesie wnioskowania logicznego /poprzez stosowanie metod rachunkowych/ tworzy on matematyczne formy pojęć właściwych dla danej nauki^{21/}.

20/ Por. W.I.Lenin: "Zeszyty Filozoficzne", "Książka i Wiedza", 1956, s.144-145.

21/ Np. w mechanice: prędkość i przyspieszenie określa się matematycznie odpowiednio jako pierwszą i drugą pochodną stosunku drogi do czasu.

Ta druga właściwość posiada szczególne znaczenie dla całego podjętego procesu badawczego, jakkolwiek efekty matematyczne będą niejednokrotnie minimalne w porównaniu z etapem abstrakcji, a zwłaszcza weryfikacji.

Aby ogólnie scharakteryzować powyższe rozważania posłużymy się rozwinięciem drugiego przykładu, rozpatrywanego w etapie abstrakcji.

Wprowadzimy następną, kolejną zależność rozszerzającą przyjęte założenia podstawowe tj. /14/ i /15/.

W tym celu wykorzystamy tzw. prawo "zależności kwadratowej" Lanchestera, które mówi, że w pewnych warunkach pola walki /bitwy/ efektywność bojowa stron walczących jest wprost proporcjonalna do kwadratu ilości ich wojsk, lub innymi słowy: efektywność bojową stron można wyrazić stosunkiem różnic kwadratów ilości wojsk w chwili rozpoczęcia i zakończenia walki /bitwy/ ²1a/. Powyższe prawo Lanchestera można wyrazić wzorem:

$$E = \frac{n_0^2 - n^2}{m_0^2 - m^2} \quad \text{----- /19/}$$

oznaczając przez:

E - efektywność bojową względną stron walczących, przy czym jako kryterium efektywności w naszych rozważaniach przyjmujemy stosunek strat ponoszonych przez obie strony;

m_0^0 - ilość sił strony M w chwili rozpoczęcia walki /bitwy/;

m - ilość sił strony M, które zostały w sztykach po zakończeniu walki /bitwy/;

n_0, n - odpowiednie wielkości dotyczące sił strony N.

Na podstawie założeń wstępnych, określających zależności /13/, można przyjąć:

21a/ Bardziej szczegółowe rozważania wyjaśniające powyższe prawo Lanchestera można znaleźć m.in. w książce: Th M.Morse, G.E. KIMBALL: "Methods of Operations Research" London 1958, rozdział 4: "Strategical kinematics" ss.61-80. Omawiane prawo Lanchestera dotyczy pola walki /bitwy/ w wojnie bez stosowania broni atomowej. W celu ułatwienia śledzenia toku rozważań szereg symboli pojęć wspólnych zachowano bez zmian.

$$m = W \frac{1}{M} + Z \frac{1}{M} = S \frac{1}{M} + k \frac{R}{M} \quad \text{----- /20/}$$

$$n = W \frac{1}{N} + Z \frac{1}{N} = S \frac{1}{N} + k \frac{R}{N} \quad \text{----- /20/}$$

Jak łatwo zauważyć, w danym wypadku chodzi nam o kształtowanie się stosunku W do Z w zależności od k w warunkach walki, tj. przy powstawaniu zmian w stosunkach sił i środków obu stron przeznaczonych do walki i jej zabezpieczenia. Zrozumiałe jest, że prowadzone rozważania dotyczą przede wszystkim określenia kierunków możliwych przyszłych badań, a nie uogólnień przeznaczonych do wykorzystania w bieżącej praktyce działań wojsk.

Przejście do właściwych rozważań wymaga jednak wprowadzenia dodatkowych elementów wyjaśniających i poszerzających tok analizy.

Jeśli będziemy rozpatrywali walkę jako szereg kolejnych starć obu stron, odbywających się w pewnym, stosunkowo długim okresie czasu /T/, wówczas, zgodnie z prawem zależności kwadratowej Lanchestera, intensywność walki w dowolnym momencie /t/ wyniesie:

$$\text{dla strony M:} \quad G/t/M = - \frac{dm}{dt} \cdot \frac{1-E}{n}$$

$$\text{dla strony N:} \quad G/t/N = - \frac{dn}{dt} \cdot \frac{1-E}{m \cdot E} \quad \text{----- /21/}$$

Aby jednak być bliższym prawdy, należy każde starcie rozpatrywać nie jako moment, lecz przedział czasowy, którego wielkość wyznaczona z zależności /21/ wyniesie:

$$\tau = \frac{\sqrt{E}}{1+E} \cdot G/t \cdot dt \quad \text{----- /22/}$$

A zatem, ogólne straty poniesione w walce w ciągu dowolnie małego okresu dτ wyniosą:

$$\text{dla strony M:} \quad \frac{dm}{d\tau} = - \frac{n}{\sqrt{E}}$$

$$\text{dla strony N:} \quad \frac{dn}{d\tau} = - m \sqrt{E} \quad \text{----- /23/}$$

Z wyrażenia /21/ można wyprowadzić wniosek o zależności zwiększenia ilości sił /lub koncentracji sił/ od efektywności broni przeciwnika, a mianowicie: w warunkach niewielkiej przewagi efektywność jego broni można zrównoważyć koncentracją sił własnych, działając kolejno na wprowadzane do walki części jego sił /wyposażonych w lepszą broń/. Zależność /23/ świadczy ponadto o szybkości narastania strat w tych warunkach. Hyperboliczny charakter funkcji dla m i n świadczy, że narastanie strat strony licznie słabszej będzie szybsze niż strony silniejszej.

Prowadzenie działań możliwe jest jednak pod warunkiem stałego uzupełniania strat w ludziach i uzbrojeniu, a te z kolei zależą w głównej mierze od możliwości kraju w tym zakresie. Stałe działanie w celu obniżenia potencjału militarnego przeciwnika, a więc m.in. zmniejszanie jego możliwości uzupełniania strat, jest jednym z podstawowych celów walki. Główną rolę spełniają siły i środki wydzielone do prowadzenia walki /W/. Siły i środki /Z/ przeznaczone do zabezpieczenia walki spełniają z jednej strony zadania wynikające z potrzeb zapewnienia stałego wzrostu możliwości uzupełniania strat /np. osłona przemysłu, ośrodków administracji państwowej itp lub na szczeblach operacyjnych - osłona i ochrona składów, komunikacji, ośrodków szkoleniowych itp/ z drugiej natomiast - zabezpieczenie sił i środków wydzielonych do grupy W. Ogólnie rzecz biorąc, układ ten przedstawiają zależności /20/.

Jeśli z dużym przybliżeniem przyjąć ponadto, że o obniżeniu potencjału zaplecza przeciwnika stanowią siły grupy W, wówczas rozpatrując to zagadnienie w stosunkowo dużym przedziale czasowym /np. rok/, możliwości uzupełniania strat będą odwrotnie liniowo proporcjonalne do sił wydzielonych do zwalczania zaplecza; innymi słowy: możliwości uzupełniania strat u każdej ze stron zależą od kształtowania się relacji:

dla strony M:
$$M = \frac{W_M}{Z_M} \quad ; \quad \text{----- /24/}$$

dla strony N:
$$N = \frac{W_N}{Z_N}$$

Wychodząc z rozważań o stanach strat w okresie d , określonych zależnościami /24/ wprowadzimy dodatkowe pojęcie prawdopodobieństwa strat jednostkowych, tzn, straty jednej jednostki kalkulacyjnej /np, taktycznej, operacyjnej/. Wyniosą one:

$$\text{dla strony M : } P / \alpha / = 1 - \left(1 - \frac{\tau}{m \sqrt{E}} \right)^n$$

$$\text{dla strony N : } P / \beta / = 1 - \left(1 - \frac{\tau \sqrt{E}}{n} \right)^m$$

Stąd można określić przeciętne ilości strat w warunkach działania po obu stronach stosunkowo znacznych sił w dużym przedziale czasowym τ ^{22/}, a mianowicie:

$$\text{dla strony M : } \alpha = m \left[1 - e^{-\left(\frac{n\tau}{m\sqrt{E}} \right)} \right] \quad \text{----- /25/}$$

$$\text{dla strony N } \beta = n \left[1 - e^{-\left(\frac{m\tau\sqrt{E}}{n} \right)} \right]$$

Wartości α i β w wyrażeniach /25/ można traktować również jako odpowiednie mierniki strat obu stron, a ich siły $/m/$ i $/n/$ - jako ilości jednostek kalkulacyjnych. Jeśli dla uproszczenia rozważań przyjmujemy wypadek szczególny, że w pewnej walce \dagger efektywności broni obu strony są sobie równe ^{23/}, tzn., że $\alpha = \beta$, wówczas możliwości uzupełniania strat przez obie strony można przedstawiać następująco:

$$\text{dla strony M: } \frac{dm}{dt} = Q_M \cdot \left(1 - \frac{\beta W^2 / N /}{Z / M /} \right) \quad \text{----- /26/}$$

$$\text{dla strony N: } \frac{dn}{dt} = Q_N \cdot \left(1 - \frac{\beta W^2 / M /}{Z / N /} \right)$$

22/ Por. cyt. Ph. M. MORSE, G.E. KIMBALL: Methods of Operations Research. s.67-68.

23/ Słuszniejszym byłoby wprowadzenie różnych współczynników, co jednak znacznie skomplikowałoby rachunkową stronę analizy, nie zmieniając ogólnej zasady postępowania, której zilustrowanie mamy na celu.

Każda ze stron określa stosunek $\frac{W}{Z}$ jako optymalny dla rozpatrywanego działania lub okresu działań kierując się zasadą, że przeciwnik również będzie stosował najkorzystniejszą dla siebie decyzję, tzn. będzie tak zmieniał stosunek W/Z , aby przy minimum^m strat własnych uzyskać maksymalne efekty. A zatem, stosując regułę minimum^m ^{23a/}, można na podstawie wyrażenia /26/ przedstawić warunek, który każda ze stron powinna uwzględniać przy wyznaczaniu sił i środków do grupy W i Z.

Uwzględniając ponadto zależność /20/ warunek ten przyjmie postać:

- odnośnie sił i środków grupy W:

$$\frac{dm}{dt} - \frac{dn}{dt} = q_{/M/} - q_{/N/} - \beta \left[Q_{/M/} \frac{(n - W_{/M/})^2}{m - W_{/M/}} - Q_{/N/} \frac{(m - W_{/N/})^2}{n - W_{/N/}} \right] =$$

$$= \max M, \min N; \text{----- /27/}$$

względnie:

$$\frac{dn}{dt} - \frac{dm}{dt} = q_{/N/} - q_{/M/} - \beta \left[Q_{/N/} \frac{(m - W_{/N/})^2}{n - W_{/N/}} - Q_{/M/} \frac{(n - W_{/M/})^2}{m - W_{/M/}} \right] =$$

$$= \max N, \min M; \text{----- /28/}$$

- odnośnie sił i środków grupy Z:

$$\frac{dm}{dt} - \frac{dn}{dt} = q_{/N/} - q_{/N/} - \beta \left[Q_{/M/} \frac{(n - Z_{/M/})^2}{Z_{/M/}} - Q_{/M/} \frac{(m - Z_{/M/})^2}{Z_{/M/}} \right] =$$

$$= \max M, \min N; \text{----- /29/}$$

względnie:

$$\frac{dn}{dt} - \frac{dm}{dt} = q_{/N/} - q_{/N/} - \beta \left[Q_{/N/} \frac{(m - Z_{/N/})^2}{Z_{/N/}} - Q_{/M/} \frac{(n - Z_{/N/})^2}{Z_{/M/}} \right] =$$

$$= \max N, \min M; \text{----- /30/}$$

23_a/ Pojęcie z dziedziny teorii gier; reguła ta polega na tym, że jedna ze stron wybiera ze zbioru sposobów działania /tzw. strategii/, przynoszących w danej sytuacji największe korzyści, taki sposób, który przynosi korzyść najmniejszą lecz gwarantowaną, bez względu na to jak będzie postępował przeciwnik.

Powyższe wyrażenia /27/, /28/, /29/, /30/ pozwalają wnioskować ogólnie o zależności decyzji obu stron odnośnie szybszego wprowadzania w życie stosunku W/Z , optymalnego dla rozwoju przewidywanych sytuacji na polu walki /bitwy/:

a/ Stopy wzrostu wartości bezwzględnych sił i środków obu stron $k_{M/}$ i $k_{N/}$ kształtują się w toku działań w zależności od wzajemnego uprzedzania się w podejmowaniu i realizacji optymalnych decyzji zgodnie z warunkami /27/, /28/, /29/, /30/.

b/ Wzrost stopy wartości bezwzględnej jednej ze stron walczących powinien wywołać u przeciwnika przede wszystkim zwiększenie stanu sił i środków grupy Z, nawet kosztem sił i środków grupy W. Wynika to z odwrotnie proporcjonalnej zależności liniowej między wielkościami $Q_{M/}$ i $Q_{N/}$ /por. wyrażenie /24/.

c/ Warunki /27/, /28/, /29/, /30/ dotyczą sytuacji w momencie dt. Rozwiązanie powyższych równań przez całkowanie w przedziale czasowym, odpowiadającym przewidywanemu okresowi /walki, bitwy/, pozwoli wyznaczyć właśnie proporcje między siłami i środkami grup W i Z oraz określić przypuszczalne straty obu stron.

Przytoczone przykłady ilustrują jeden z wielu możliwych toków postępowania dedukcyjnego, właściwego procesowi poznawczemu w etapie stopniowej konkretyzacji. Wnioskowanie matematyczne w tym etapie będzie zwykle dosyć uciążliwe, gdyż z jednej strony związane jest ze stosowaniem stosunkowo złożonego aparatu matematycznego /czego w przytoczonych przykładach usiłowano uniknąć/, a z drugiej - nie zapewnia ono może tak efektywnych wyników jak w etapie abstrakcji, a szczególnie w etapie weryfikacji. Jeśli obecnie stosowanie wnioskowania matematycznego w etapach abstrakcji i weryfikacji procesu badawczego w naukach społecznych nie budzi zastrzeżeń, to stosowanie tej metody w etapie stopniowej konkretyzacji często traktuje się jeszcze jako problem otwarty.

3.3. Etap weryfikacji.

Z metodologicznego punktu widzenia wnioskowanie matematyczne posiada w etapie weryfikacji dwa podstawowe aspekty.

Pierwszy, o charakterze czysto użytkowym, praktycznym, dotyczy sprawdzenia słuszności wniosków teoretycznych oraz konkretnych wyników ilościowych uzyskanych w poprzednich etapach procesu badawczego.

Drugi aspekt, o charakterze teoretycznym, dotyczy dalszego rozwinięcia modelu teoretycznego badanego zjawiska. W obu przypadkach chodzi o skonfrontowanie uzyskanych wyników z rzeczywistością właściwą badanemu zjawisku w czasie i przestrzeni. Srodków i sposobów weryfikacji w naukach społecznych dostarczają: statystyka, eksperyment i obserwacja bezpośrednia, przy czym dla nauki wojennej okresu pokojowego pierwsze dwie grupy metod odgrywają rolę podstawową.

W świetle powyższych aspektów procesu badawczego w etapie weryfikacji, całokształt wnioskowania matematycznego można z kolei podzielić na dwie grupy metod.

Do pierwszej zaliczamy te wszystkie, które służą do koordynacji wyników w celu sprawdzenia nieprzeczności /wewnętrznej zgodności/, z rzeczywistością programu /modelu teoretycznego/ badanego zjawiska czy procesu; do drugiej natomiast - metody umożliwiające sprawdzenie stopnia optymalności tego programu, według zasady maksymalizacji efektów /minimalizacji nakładów/. Zrozumiałe jest, że zasada niesprzeczności programu jest jednym z warunków jego optymalności /koniecznym choć niewystarczającym/.

Mówiąc najogólniej, powyższe grupy metod rachunkowych w zasadzie stanowią o całokształcie zastosowania aparatu matematycznego w etapie weryfikacji. W procesach badawczych stosunków i współzależności /praw i teorii/ zachodzących w naukach społecznych, a więc i w nauce wojennej, w przypadkach gdy elementy liczbowe odgrywają w nich rolę podstawową, zawsze będzie chodziło o sprawdzenie stopnia zgodności z rzeczywistością opracowanego programu /modelu teoretycznego badanego procesu czy zjawiska/ oraz o określenie jego wersji optymalnej, która zapewni w przewidywanych warunkach działania najwyższe korzyści przy najniższych nakładach^{24/}.

24/ Por. O. Lange: *Ekonomia Polityczna*, t.1, Warszawa 1959 r. PWN s.168-169 oraz tegoż autora: *Wstęp do ekonometrii* Warszawa 1958 r. PWN. Ponadto W. Sadowski *Teoria podejmowania decyzji* Warszawa 1960 r. Polskie Wyd. Gosp. ss.312; praca ta zawiera bogatą bibliografię przedmiotu.

Z szeregu względów nie jest możliwe, w ramach tego wykładu zilustrowanie przykładami nawet niektórych tylko metod w całości. Będzie to przedmiotem zajęć specjalnych.

Szczególne trudności powstają bowiem przy rozpatrywaniu problematyki niesprzeczności wyników /przy pomocy tzw. rachunku koordynacji/, gdyż główną rolę odgrywa w nim najczęściej bardzo szeroki materiał statystyczny. Ograniczenie się tylko do przykładów z zakresu metod budowy poszczególnych modeli rachunku koordynacji również nie wydaje się celowe z uwagi na dość zawiłe i obszerne rozważania czysto matematyczne^{25/}.

Z drugiej strony, zapoznanie się z metodami budowy i rozwiązywania modeli z wielu dziedzin nauki i techniki wojennej, stanowi jeden z podstawowych celów kursu. Na te zagadnienia przeznaczono wiele zajęć /wykładów i ćwiczeń/, które umożliwią bardziej analitycznie i pogładowo zorientować się w dotychczasowym stanie wiedzy w tej dziedzinie.

4. WNIOSKI OGÓLNE

Powyższe rozważania traktujemy jako zasygnalizowanie możliwości stosowania metod wnioskowania dedukcyjnego w procesie badawczym nauki wojennej. Usiłowaliśmy wykazać, że na tej drodze można badać istotę związków ilościowych i współzależności między wielu kategoriami nauki wojennej, tj. przedstawiając te związki w postaci liczbowej - określić jak zmieniają się one względem siebie.

Jak podkreśla O.Lange "matematyka to po prostu bardziej wyspecjalizowana formalizacja wnioskowania" /niż logika/ ... "Ściśle rzecz biorąc, wszelkie wnioskowanie dedukcyjne, dotyczące wielkości, jest wnioskowaniem ma-

25/ Ponadto dla szeregu zagadnień z zakresu nauk społecznych /nauki wojennej/ modele rachunku koordynacji nie zostały jeszcze całkowicie opracowane, bądź znajdują się w stadium weryfikacji. Np. jako problem otwarty można uważać opracowanie modeli rachunku koordynacji w zakresie poszczególnych teorii efektywności działań większości rodzajów sprzętu bojowego, technicznego itp.

tematycznym, nawet wówczas, kiedy nie jest sformalizowane, tzn. kiedy nie posługuje się formułami matematycznymi"^{29/}. A zatem, przy pomocy aparatu matematycznego nie można udowodnić słuszności teorii, gdyż decydują o tym tylko fakty; można natomiast spowodować tymczasowe jej przyjęcie jako nie sprzecznej z faktami.

Obecnie obserwuje się powstawanie niezaprzeczalnej prawidłowości polegającej na ścisłym powiązaniu matematyki z naukami społecznymi. Prawidłowość ta powstała na bazie coraz bardziej złożonych stosunków społecznych, dla analizy których nie wystarczają już metody logiki formalnej. Dla współczesnej, nauki wojennej wnioskowanie dedukcyjne ma nie mniejsze znaczenie niż np. dla ekonomii politycznej czy socjologii. Aparat matematyczny staje się coraz bardziej nie zastąpionym narzędziem w jej procesie poznawczym^{30/}. Wydaje się, że nadszedł czas, aby w ramach nauki wojennej odpowiedzieć na pytanie: jak rozwijać teoretyczne podstawy i metody wnioskowania matematycznego oraz jak je stosować w procesie badawczym, aby uzyskane wnioski były obiektywnie ścisłe?

LITERATURA

1. O. INAGE: Ekonomia polityczna. Wyd. PWN, W-wa 1959 r.
biblioteka nauk. ASG: Sygn. P/173, 50805, 50806.
rozd.4: Metoda ekonomii politycznej.
rozd.5: Zasada racjonalnego gospodarowania.
Ekonomia a prakseologia.
2. P.G. GRIACCRIENKO i in.: Metodyka wojskowych badań naukowych, Tłum. z ros., Wyd. wewn. ASG nr P/431.
rozd.4: Metoda statystyczna w wojskowych badaniach naukowych.
3. S. ZURAWICKI: Ekonomia polityczna^a matematyka. Zagadnienia metodologiczne. Wyd. PWN. W-wa 1961 r.
Bibl.Nauk.ASG nr 11608, 11609, 11610

29/ O.Lange. Ekonomia Polityczna t.1 s.123-124.

30/ W Akademiach Wojskowych w ZSRR pogląd ten jest już realizowany. Por. m.in.gen.armii P. Kuroczkin, komendant Akademii Wojskowej im. M.W.Frunze: Doświadczenia w kształceniu wojskowych kadr naukowych."Śladem Waltera" /do-datek kadry/ nr 3/96/ z dnia 28.3.1961 r.

B. METODY I MODELE MATEMATYCZNE W BADANIACH OPERACYJNYCH.

1. Charakter podstawowych grup metod.

Badania operacyjne, ściślej - teoria badań operacyjnych, zajmują się wykrywaniem prawidłowości zachodzących w procesach racjonalnej działalności człowieka oraz ich analitycznym formułowaniem /opisem/ w celu uzyskania obiektywnych podstaw dla charakteryzowania tych procesów czy zjawisk od strony ilościowej, aby z kolei /w oparciu o nie/ móc opracować najbardziej słusze w danych warunkach propozycje odnośnie sposobu przeprowadzenia zamierzonego działania.

Nawet pobieżna analiza praktycznej działalności ludzkiej w dowolnej dziedzinie wykazuje, że istnieje pewna ogólna, wspólna dla wszystkich dziedzin, metoda wysunięcia problemu /zadania/ i jego rozwiązania. Zawsze bowiem trzeba dysponować określonymi środkami dla osiągnięcia zamierzonego celu w przewidywanych, konkretnych warunkach ich użycia. A więc bez względu na to, czy będziemy dążyli, aby przy użyciu określonych środków osiągnąć maksymalne wyniki /maksymalny stopień nateżenia celu/, czy też by osiągnąć zamierzony cel przy użyciu minimalnej, niezbędnej ilości środków, zagadnienie podjęcia decyzji sprowadzi się do wyboru optymalnego sposobu /wariantu/ działania spośród szeregu możliwych /dopuszczalnych/. Tę ogólną metodę postępowania, właściwą dla procesu podejmowania każdej decyzji, realizuje się w dwóch podstawowych etapach:

etap 1 obejmuje całokształt zamierzeń dotyczących przewidywań różnych wersji możliwego rozwoju przyszłego działania, różnorodnych wariantów użycia środków oraz ich oceny z punktu widzenia przyjętego kryterium optymalności rozwiązania;

etap 2 sprowadzi się do wyboru najlepszego sposobu rozwiązania /optymalnej decyzji/.

Łatwo stwierdzić, że w praktyce podział na powyższe etapy nie zawsze jest ostry, granice między nimi zachodzą na siebie, zwłaszcza gdy wprowadzamy do działania wyniki cząstkowe, np. w postaci zmieniających się wielkości parametrów w toku ich weryfikacji bieżącej, a więc gdy poprawiamy

poprzednią decyzję z powodu np. zmiany warunków działania /np. innej sytuacji meteorologicznej, innych wskaźników strat itp/.

Ten generalny podział /z punktu widzenia przebiegu procesu opracowania decyzji w czasie/ dotyczy raczej długo- okresowych prac badawczych prowadzonych w celu możliwie wszechstronnego naświetlenia i charakteryzowania problemu jako całości oraz określenie kierunków zmian jakie mogą wystąpić w warunkach przyjmowanych nieraz a priori. Z podziałem tym wiążą się jednak dwie podstawowe grupy metod badawczych, w zasadzie odpowiadające specyfice każdego etapu, a mianowicie:

- a/ grupa metod analizy statystycznej;
- b/ grupa metod prognozy matematycznej.

Grupa metod analizy statystycznej jest właściwa badaniom zjawisk i procesów minionych, podejmowanych na podstawie zbiorów informacji statystycznych o tych zjawiskach czy procesach. Podstawę prognozy stanowią więc uogólnienia wynikające z oceny a posteriori, pozwalające na określenie kierunków przyszłych zmian /prawidłowości/ lub możliwych sposobów działania oraz wybór spośród nich najbardziej właściwego.

Grupa metod prognozy matematycznej jest właściwa badaniom zjawisk i procesów nie posiadających przeszłości, co do których brak informacji, doświadczeń itp. Podstawę prognozy stanowią w tym przypadku założenia uogólniające przyjmowane a priori, a rozwiązanie problemu podejmuje się w oparciu o taki aparat matematyczny, który pozwoli przewidzieć przebieg przyszłych zmian i umożliwi wyznaczenie możliwych /dopuszczalnych/ wariantów działania. Oczywiście, i w tym przypadku wybór wariantu optymalnego jest zagadnieniem, którego rozwiązanie stanowi etap 3 podjętych badań.

Powyższy, ogólny podział na dwie grupy metod nie świadczy o ich niezależności. W praktyce badawczej często bowiem trzeba korzystać z metod zaliczanych do grupy pierwszej dla rozwiązywania pewnych zadań cząstkowych składających się na problem wysunięty na podstawie założeń przyjętych a priori. Na przykład badając możliwość zastosowania nowej broni oraz wynikające stąd konsekw-

wencje w postaci zmian w obowiązujących zasadach taktycznego użycia wojsk, niejednokrotnie trzeba będzie wprowadzać do metod prognozy matematycznej pewne elementy analizy statystycznej, by móc uogólnić informacje uzyskane z doświadczeń poligonowych lub laboratoryjnych.

Z przyczyn całkowicie obiektywnych grupa metod analizy statystycznej była najwcześniej stosowana w badaniach operacyjnych. W toku drugiej wojny światowej amerykańskie grupy badań operacyjnych najczęściej podejmowały problemy dotyczące usprawnienia zasad taktycznego użycia środków CPL, obrony przeciw okrętom podwodnym nieprzyjaciela, użycia lotnictwa w nalotach na terytorium przeciwnika itp. Stąd ocena informacji statystycznych, dotyczących odpowiednich działań w zbliżonych warunkach, stanowiła podstawę dla opracowania projektów zmian w taktyce działania wojsk, zapewniających bardziej efektywne użycie posiadanej bądź ulepszonej techniki. Oczywiście, ilość niezbędnych informacji statystycznych, upoważniających do opracowania ich uogólnień jest problemem samym w sobie, niejednokrotnie bardzo złożonym, i nie zawsze rozwiązalnym, nawet obecnie przy użyciu elektronicznych maszyn matematycznych.

Mówiąc "rozwiązalnym" mamy na myśli dowolnie daleko posuniętą ścisłość wyniku. Zagadnienie to odgrywa w badaniach operacyjnych szczególną rolę, przy czym na tym tle wyrasta z reguły szereg obiektywnych trudności. Podzielimy je na następujące grupy:

1. trudności wynikające z niejednoznaczności warunków

w jakich były przeprowadzane odpowiednie operacje /doświadczenia/ w przeszłości, a którym to operacjom przyporządkowane zostały pewne wielkości statystyczne, traktowane /przez statystyków/ jako jednoznacznie charakteryzujące te operacje /doświadczenia/; sprawa staje się bardziej złożona, gdy nie dysponujemy również właściwymi wskaźnikami charakteryzującymi te warunki; ilość informacji powinna być najczęściej dostatecznie duża, co również z reguły jest poważnym mankamentem uogólnień, jakkolwiek ostatnio zostały już opracowane metody matematyczne pozwalające na uogólnienia wyników przy znacznie zmniejszonych ilościach danych statystycznych /doświadczeń, prób itp/;

2. trudności wynikające z braku właściwego aparatu matematycznego, umożliwiającego jednoznacznie grupować operacje tego samego typu; trudności te wiążą się ściśle z wymienionymi w grupie 1, przy czym wynikają one z subiektywnych ocen dokonywanych przez wojskowych czy statystyków.
Jeśli przyjmie się założenie, że poszczególne działania wojsk /operacje/ są zjawiskami /procesami/ niepowtarzalnymi, to w ten sposób skłaniamy się ku tezie o niemożliwości podejmowania ścisłych przewidywań a więc bezsilności, nieskuteczności metod matematycznych. Oczywiście, tezę tę należy odrzucić zastępując ją inną, mówiącą o możliwości gromadzenia szeregu jednoznacznie określonych cech wspólnych dla rozpatrywanych operacji lub znajomości^{od} chyleń tych cech od przyjętego, wymaganego poziomu odniesienia;
3. trudności wynikające z braku obiektywnych, wiarogodnych informacji statystycznych; szczególnym przykładem mogą służyć poważne rozbieżności w źródłach traktujących o stanach sił i stratach /w ludziach, sprzęcie itp/ w poszczególnych walkach /bitwach, operacjach/ ubiegłych wojen; wiadomo bowiem, że zestawienia te opracowywane były dla różnych celów /często propagandowych lub wprowadzenia przeciwnika w błąd/, przy czym z różnych względów nie korzystano z faktycznej dokumentacji /tę nie zawsze wiarogodnej/. Problem wiarogodności informacji ma olbrzymi wpływ na wyniki badań, choć z drugiej strony należy uważać go jako otwarty; lukę tę powinna zapełnić statystyka wojskowa, której teoria czeka dziś na opracowanie.

Pomimo dość poważnego mankamentu jaki cechuje analizę statystyczną /tj. uzyskanie rozwiązania optymalnego kosztem bardzo dużej ilości prób /doświadczeń, informacji itp/, przy niepewności do do jednoznaczności warunków w jakich przebiegały i optymalności rozwiązań każdej z nich/ metody tej grupy odgrywają poważną rolę w całości badań problemów wojskowych, a przede wszystkim dotyczących:
- propozycji zmierzających w kierunku dokonania zmian w szeregu ogólniejszych zasadach walki, sprawdzania zasad stosowanych itp.;

- analizy ilościowej wojen ubiegłych;
- analizy ilościowej przeprowadzonych ćwiczeń, gier wojennych itp. w celu opracowania podstaw oceny rozwiązań różnych problemów operacyjno-taktycznych.

Jak można zauważyć, metody grupy prognozy matematycznej również posiadają pewne mankamenty, przy czym ich cechą wspólną jest niemożliwość uzyskania jednoznacznego, dowolnie ścisłego wyniku /rozwiązania/ dla działania w przyszłości, bez oparcia się o doświadczenia, a więc przy założeniach a priori .. Korzystanie nawet z bardzo bogatego arsenału współczesnej matematyki oraz innych nauk ścisłych nie umożliwia dostatecznie ścisłego wyznaczenia bardzo dużej liczby charakterystyk ilościowych, składających się na treść każdego z badanych zjawisk czy procesów. Dąży się więc do określenia prawdopodobieństw lub wartości oczekiwanych /nadziei matematycznych/ z jakimi charakterystyki te mogą występować, a stąd i rozwiązanie problemu będzie cechowała warunkowość probabilistyczna. Wprawdzie teoria prawdopodobieństwa dysponuje obecnie szerokim wachlarzem bardzo oryginalnych metod oceny zjawisk, pozwalających na znaczną nieraz oszczędność wysiłku i uzyskiwanie wyników o dużej dokładności, jednak nie zmienia to probabilistycznego charakteru badań. Na przykład: planując rozdział /podział/ środków atomowych na poszczególne obiekty przeciwnika, opieramy się z reguły na wiadomościach z rozpoznania o ich położeniu, wielkości, charakterze działań itd. Informacje z rozpoznania, nawet kilkakrotnie sprawdzane, zawsze posiadają ograniczoną wiarygodność, zwłaszcza w stosunku do celów, które mogą zmieniać swe położenie. Do chwili wykonania uderzeń mogą się więc zmienić zarówno położenie i wielkości celów, jak również stan własnych środków rażenia /np. w wyniku oddziaływania przeciwnika/. Jak zatem, w tak nieokreślonej sytuacji, dokonać jednoznacznie ścisły podział środków, aby zgodnie z zamiarem operacyjnym dowódcy uzyskać określony efekt /zamierzony cel/, np. zniszczenie konkretnych celów przeciwnika przy minimalnym zużyciu własnych środków jądrowych? Rozwiązanie tego zadania na szczeblu oddziału /np. dyonu raketowego/ nie przedstawia większych trudności, gdyż ilość warunków nieokreślonych jest stosunkowo mała, przy czym

najczęściej znane są prawdopodobieństwa lub wartości oczekiwane poszczególnych wielkości. Problem niezmiernie komplikuje się dopiero na szczeblu operacyjnym, gdzie jedyną drogą do prawidłowej oceny nieraz bardzo dużej ilości możliwych wariantów działań i wyboru wariantu optymalnego są metody prognozy matematycznej.

Istnieje pogląd, reprezentowany przez pewne wojskowe zespoły badań operacyjnych w ZSRR^{1/}, aby grupę metod prognozy matematycznej rozbudowywać w dwóch podstawowych kierunkach, wynikających z odmiennych sposobów opisu badanego procesu i potrzeb w zakresie rozstrzygnięć praktycznych.

Kierunek pierwszy, nazwany modelowaniem matematycznym, polega na odtworzeniu możliwie pełnego obrazu badanego procesu lub zjawiska w postaci matematycznej z dowolną /niezbędną/ dokładnością w zakresie charakterystyki składających się na nie elementów, czynników, warunków ograniczających itp. Badanie tego modelu powinno doprowadzić do ustalenia optymalnych wartości tych parametrów działania /operacji/ na które realizujący /np. dowódca, sztab/ może wywierać określony wpływ.

Kierunek drugi, nazwany w trybie roboczym ocena efektywności, polega na wyborze wskaźnika, wyrażającego liczbowo najbardziej istotne kryterium efektywności dla rozpatrywanego procesu /operacji/ i określeniu jego matematycznej zależności od podstawowych parametrów danej operacji, aby z kolei dobrać dla nich takie wielkości, które zapewniły by kryterium efektywności wartości ekstremalną /np. najwyższą/.

Jak widać, nawet z tak ogólnej charakterystyki, kierunek pierwszy wyznacza prognozie drogę bezpośrednią, choć z reguły bardzo złożoną, nawet jeśli model matematyczny będzie zawierał opis tylko podstawowych prawidłowości występujących w badanej operacji. Aparat matematyczny, niezbędny do analitycznych badań nad wariantami zmian jakie mogą zachodzić w

1/ Por. m.in.: I.ANURBEW, W.BORISOW, I.SZCZERBAKOW: Zadaczi i sodierżanije teoriji issledowanija operacji. "Wojennaja Myśl", nr 7/1963.

modelu będzie często bardzo złożony, a dokonywanie obliczeń wymaga korzystania z dużych /stacjonarnych/ maszyn matematycznych o znacznym zakresie pamięci i dużej szybkości operacyjnej.

Kierunek drugi natomiast, stanowi drogę pośrednią w zakresie prognozy. Ocenę efektywności przeprowadza się w stosunku do pewnej tylko części problemu ogólniejszego lub modelu uproszczonego, zawierającego tylko podstawowe właściwości /prawidłowości/ problemu /operacji/. Innymi słowy: powodzenie zamierzonej operacji określa się na podstawie pewnego przyjętego wskaźnika pośredniego, traktowanego jako "kompromisowe" kryterium efektywności. Chodzi bowiem o to, że w praktyce może istnieć i najczęściej występuje szereg różnych kryteriów efektywności, gdyż ocenę konkretnej sytuacji możemy i należy przeprowadzać z różnych punktów widzenia. W tym przypadku dążymy zawsze do wyznaczenia z reguły a priori pewnego kryterium uogólniającego lub najważniejszego w danych warunkach.

Metody służące do oceny efektywności szybciej prowadzą do uzyskania wyniku, są jednak z natury rzeczy mniej dokładne gdyż dotyczą bardziej uproszczonych modeli operacji. Przy ich pomocy można rozwiązywać doraźnie wiele zadań cząstkowych z zakresu dowodzenia, kierowania ogniem itp. zarówno w okresie planowania działań jak i w toku operacji /walki/ przy czym najczęściej nie wymagają one dużych, stacjonarnych maszyn matematycznych, wystarczą natomiast polowe, przenośne elektroniczne maszyny cyfrowe, przeliczniki itp.

Powyższy podział zadań i metod badań operacyjnych na 2 grupy budzi jednak szereg wątpliwości. Nie wydaje się bowiem metodologicznie skuszone, aby "modelowanie matematyczne" oddzielać od "oceny efektywności", gdyż w zasadzie są to dwie grupy metod służące do rozwiązywania tych samych zadań.

Najogólniej rzecz biorąc, grupa metod prognozy matematycznej zawsze podejmuje rozwiązanie pewnego modelu matematycznego /bardziej złożonego, obejmującego całość badanego problemu lub uproszczonego, cząstkowego/. Ma ona na celu rozwiązywanie /głównie za pomocą maszyn matematycznych/ współzależności charakteryzujących badany

proces. Stąd też można spotkać się po części^z uzasadnionym poglądem, aby grupę metod prognozy matematycznej nazywać modelowaniem matematycznym w odróżnieniu od modelowania fizycznego.^{x/} W dalszej części wykładu będziemy używali terminu modelowanie matematyczne w ujęciu A. BERGA, jako bardziej uogólniające procedurę matematyzacji badanych zjawisk i procesów.

Jak można stwierdzić na podstawie dostępnej literatury z dziedziny badań operacyjnych, modelowanie matematyczne rozwija się w dwóch zasadniczych kierunkach o których charakterze decydują właściwości parametrów składających się na model i sposoby rozwiązywania modeli.

Kierunek pierwszy obejmuje wszelkie modele budowane o parametry zdeterminowane /stałe, znane i przyjmowane jako niezmiennie w zamierzonym przyszłym działaniu/. Będą to więc modele analityczne budowane z reguły w postaci układu /układów/ równań czy nierówności różnego rodzaju, a ich rozwiązanie doprowadzi do wyniku optymalnego z punktu widzenia określonego kryterium /funkcji celu/. Przykładem modeli analitycznych może służyć sformalizowanie procesu walki w postaci równań Lanchestera, opisy matematyczne: zagadnień transportowych, podziału sił i środków dla zwalczania określonych celów itd.

Kierunek drugi obejmuje modele budowane o parametry, których wielkości charakteryzują prawdopodobieństwa częstotliwości występowania. Będą to modele stochastyczne tj. takie w których parametry określone przez prawdopodobieństwa opracowywane są statystycznie, przy pomocy metod matematycznych właściwych dla prób /doświadczeń/ statystycznych. Cechą charakterystyczną metody rozwiązywania tych modeli jest eksperymentowanie, pozwalające wielokrotnie /setki czy tysiące razy, zależnie od potrzeb w zakresie dokładności wyniku/ odtworzyć i obliczyć dany proces, aby na tej podstawie uzyskać wynik ostateczny. Doświadczenia te przepro-

x/ A. BERG, A.KITOW, A.LUPUNOW: Zastosowanie cybernetyki w wojsku, "Wojennaja Myśl" nr 2/1961. Tłum. z ros.: Przegląd Informacyjny ASG nr 7/1962., str. 44-45.

wadza się na elektronicznych maszynach cyfrowych, a stąd można oczekiwać, że przewidziany zakres obliczeń będzie dokończony dostatecznie szybko. Metoda ta nosi nazwę "Monte Carlo". Będzie o niej mowa niejednokrotnie na innych wykładach.

Jak można sądzić, modelowanie stochastyczne, jako metoda badań rozwija się bardzo szybko. W ciągu niespełna ubiegłych 3 lat uzyskano algorytmy pozwalające badać efektywność działań bojowych małych pododdziałów /np. środków oplot, czołgów/ ujętych w postaci mikromodeli. Działania oddziałów czy jednostek /związków taktycznych/ wymagają budowy modeli bardziej złożonych /nazywanych czasem mokromodelami/, a obecnie możliwości elektronicznych maszyn cyfrowych nie zapewniają jeszcze warunków dla eksperymentowania w tym zakresie na tak wysokich szczeblach dowodzenia. Można jednak sądzić, że dokonywane obecnie próby doprowadzą do oczekiwanych wyników. Należy podkreślić tu również możliwość wykorzystania modelowania stochastycznego do sprawdzania prawidłowości budowanych modeli analitycznych, o których była mowa poprzednio, a nawet w celu sprawdzania słuszności wyprowadzanych z nich hipotez.

2. Dwuetapowa struktura procesu badawczego.

Tok stosowania metod oceny efektywności, praktycznie można podzielić na dwa etapy:

pierwszy - obejmuje całokształt prac związanych ze sformułowaniem modelu matematycznego danego zadania /np. operacyjnego czy taktycznego użycia wojsk/,
drugi - rozwiązanie modelu i wyznaczenie wariantu optymalnego.

Matematycznie sformułowanie zadania /etap 1/ obejmuje następujące czynności badawcze:

- wyznaczenie podstawowych czynników ilościowych inaczej parametrów działania /operacji/, które mogą mieć wpływ na wybór kryterium /kryteriów/ efektywności;
- wybór właściwych kryteriów efektywności lub systemu /zbioru, układu/ kryteriów oceny optymalności rozwiązania;

- wyjaśnienie współzależności ilościowych /związków funkcjonalnych/ między kryteriami efektywności i parametrami operacji, które doprowadzą do sformułowania wyrażenia na analityczną funkcję efektywności /funkcję celu/ określającą jakość rozwiązania;
- ustalenie granic w jakich może się zmieniać zarówno funkcja efektywności jak i parametry danego działania /operacji, zadania/; granice te stanowią obszar w jakim funkcja efektywności może być uważana jako dopuszczalna.

Drugi etap obejmuje już tylko prace czysto matematyczne zmierzające do określenia ekstremum /max lub min/ funkcji efektywności w świetle przyjętych ograniczeń

Jak wynika z treści powyższych etapów, pierwszy z nich jest najważniejszy dla rozpatrywanego zadania. Od tego, z jakim stopniem dokładności uwzględni się wszystkie praktyczne właściwości problemu, będzie zależała jakość rozwiązania. Zrozumiałe jest, że wnikliwa znajomość samego problemu odgrywa tu rolę decydującą, nadrzędną w stosunku do matematyki, która jednak w tym etapie odgrywa ważną rolę systematora i logika w stosunku do wyprowadzanych wniosków i sformułowania zadania /modelu/. Nauka wojenna i matematyka ściśle łączy się w tym etapie, gdyż najmniejszy nawet błąd ~~matematyczny~~ merytoryczny dotyczący sfery samego problemu /np. w postaci obojętnej z punktu widzenia matematyki, lecz istotnej dla mechanizmu danej operacji/, spowoduje błędne rozwiązanie bez względu na dokładność dokonywanych obliczeń /rachunku/ oraz złożoność samej aparatury matematycznej.

Etap drugi obejmuje problematykę poszukiwania rozwiązania optymalnego. W modelu zadania z reguły będzie występowało wiele zmiennych decyzyjnych, tj. takich, dla których rozwiązanie powinno dać charakterystykę liczbową, jako przesłankę do decyzji, stąd wyznaczanie ekstremu funkcji wielu zmiennych będzie często sprawą matematycznie dość złożoną. Podobnego typu zadania rozwiązywane już od dawna przy pomocy klasycznych metod rachunku wariacyjnego lub w oparciu o badanie funkcji pochodnych wyjściowych, jednak w miarę komplikowania się problemów metody te okazały się mało przydatne, a w wielu wypadkach zupełnie nie przydatne. Występuje to wtedy, gdy model zadania zawiera dużą ilość

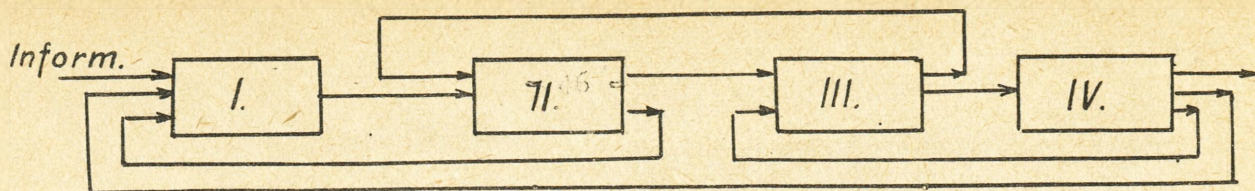
zmiennych /zależnych i niezależnych/ opatrzonych różnymi ograniczeniami. Do rozwiązywania tego rodzaju modeli służą, stosunkowo niedawno, opracowane metody programowania liniowego, nieliniowego i dynamicznego /które często obejmuje się wspólnym pojęciem "programowania matematycznego"/ oraz teoria gier. Zastosowanie odpowiedniej metody zależy od charakteru zależności występujących w modelu: jeśli model jest liniowy stosuje się programowanie liniowe, modele nieliniowe, tj. takie, w których zmienne występują w potęgze drugiej lub wyższej stosuje się programowanie nieliniowe, natomiast gdy wybór rozwiązania optymalnego zależy od decyzji wieloetapowych - programowanie dynamiczne. Teorię gier stosuje się w przypadkach konieczności wyboru decyzji optymalnej w sytuacjach konfliktowych, tj. takich, w których przynajmniej dwie działające strony realizują sprzeczne cele, a decyzja jednej zależy od tego jaką przyjmie przeciwnik.

3. Czteroe etapowa struktura procesu badawczego.

Scharakteryzowany powyżej dwuetapowy podział procesu badawczego jest jednak zbyt ogólny, by w nim umiejscowić dość złożony kompleks czynności, doprowadzających do uzyskania rozwiązania optymalnego,

W praktyce badań operacyjnych całokształt tych czynności można podzielić na szereg kolejnych etapów, konsekwentnie ze sobą związanych, przy czym treść każdego z nich można odpowiednio scharakteryzować.

Może będzie najprościej, jeśli proces badawczy, właściwy badaniom operacyjnym, przedstawimy w postaci pewnego układu cybernetycznego, w którym każdy blok realizuje odpowiednią część ogólnego procesu zbierania, klasyfikacji i przetwarzania informacji.



- | | | | |
|--|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - określenie przedmiotu badań celu i kryteriów efektywn. - organizacje systemu informacji | <ul style="list-style-type: none"> - sformułowanie modelu zespołu zadania - ustalanie parametrów operacji | <ul style="list-style-type: none"> - Rozwiązanie modelu | <ul style="list-style-type: none"> - Weryfikacja modelu |
|--|---|--|--|

Zakres czynności w każdym bloku odpowiada analogicznym etapom pracy w zakresie opracowania każdej decyzji wojskowej, gospodarczej, technicznej itp/.

Etap I. Treścią tego etapu jest sformułowanie problemu /zadania/ wymagającego rozwiązania, możliwie jednoznaczne sprecyzowanie celu /celów/, środków działania, warunków ograniczających i dodatkowych założeń, określających przewidywane sytuacje w jakich środki te będą użyte oraz wyznaczenie kryterium /zbioru kryteriów/ dla oceny optymalności rozwiązania. Ścisłe i jednoznaczne sformułowanie zadania łącznie z celem jaki zamierza się osiągnąć jest sprawą podstawową. Nie można więc ograniczać się do sformułowań ogólnych, np. "obezwładnić nieprzyjaciela na rubieży; A, B", lecz należy podać procent strat w ludziach, lub ilość określonego rodzaju sprzętu bojowego czy transportowego jaki zamierza się zniszczyć w określonym rejonie, czasie przy użyciu konkretnej ilości odpowiednich środków. W pewnych przypadkach może być korzystne rozbitcie zadania ogólniejszego na szereg zadań cząstkowych, z których każde będzie realizowało pewien cel, część celu ogólnego. Ważność tego etapu pracy polega nie tylko na ścisłości sformułowań pytań dotyczących zagadnień, o których chcemy decydować, tj. tzw. zmiennych decyzyjnych lecz również na ustaleniu takiego systemu klasyfikacji informacji /na wejściu/, który zapewniłby dopływ niezbędnych parametrów, tj. wielkości liczbowych charakteryzujących poszczególne elementy zadania /siły, środki itp/ Układ współzależności między elementami działania /parametrami/ będzie jednak kształtował się w zależności od tego jaki przyjmujemy punkt widzenia. Ponieważ w każdym działaniu zamierza

się osiągnąć szereg celów o różnych stopniach ważności stąd będą też występowały różne sposoby ich realizacji, a więc różne punkty widzenia oceny całokształtu tego działania, innymi słowy: różne kryteria oceny działania. Dlatego też prawidłowy wybór parametrów oraz ich ocena określają wynik procesu badawczego. Sprzężenie zwrotne z blokiem II umożliwia prowadzenie stałej kontroli systemu napływu informacji, ich charakteru i merytorycznej treści oraz dokonywanie niezbędnej korekty /zmian/ w tym zakresie, w myśl ogólnej koncepcji pracy bloku II nad opracowaniem algorytmu będącego problemem.

Etap II. Ogólny tok pracy bloku II sprowadza się do opracowania metod formułowania matematycznych /logicznych/ modeli badanych problemów oraz opracowania algorytmów ich rozwiązania.

Modelowanie matematyczne /logiczne/ jako nowoczesna forma badania zjawisk czy procesów /np. oceny sytuacji, optymalizacji planów jedno lub wielostadialnych, charakterystyki związków przyczynowo-skutkowych itp./, spełnia tę rolę tylko wtedy, gdy we wstępie do sformułowania modelu zostanie rozstrzygnięte: komu mają służyć wyniki badań /tj. kierownictwu na szczeblu centralnym, czy - wykonawczym/, do jakiego celu kierownictwo zużytkuje uzyskane wyniki /do sterowania, a więc w zakresie ogólnym, czy dowodzenia, tj. dla rozwiązywania zagadnień szczegółowych/ oraz w jakim czasie należy przedstawiać wyniki badań /jednorazowo, doraźnie w miarę potrzeb, okresowo/. Odpowiedź na te pytania powinna doprowadzić do określenia niezbędnego stopnia ścisłości wyników zgodnego z potrzebami kierownictwa w procesie podejmowania decyzji. Nie zawsze bowiem opłaca się tworzyć model wymagający długotrwałych i pracochłonnych obliczeń, gdy wystarczą wyniki mniej dokładne lecz uzyskane szybciej.

Model zadania sprowadza się z reguły do układu równań /nierówności/ w których występują: określone zależności między czynnikami niezależnymi /zmiennymi niezależnymi/, parametrami określającymi środki działania, warunki ograniczające charakter i zakres działań, kryteria optymalności oraz cel lub cele jakie należy osiągnąć, Elementy te,

przedstawione w postaci wskaźników liczbowych /parametrów/, powinny znajdować się w określonej współzależności względem innej grupy czynników tzw. zmiennych decyzyjnych /zmiennych zależnych/. Układ relacji wiążących obie grupy zmiennych tworzy algorytm, tj. sposób umożliwiający rozwiązanie modelu i dokonanie wyboru optymalnego wariantu rozwiązania /optymalnego planu działania/ spośród wielu możliwych.

Parametry oraz relacje wiążące je w ogólną postać modelu matematycznego mogą mieć różny charakter, wynikający z całokształtu naszych informacji o badanym problemie /zadaniu/.

Zależnie od stanu wiedzy o czynnikach niezależnych /parametrach/, a więc od stopnia ścisłości informacji charakteryzujących ich wielkości liczbowe, rozróżnia się kilka podstawowych klas modeli.

1. Jeśli wszystkie wielkości liczbowe /parametry/ ściśle określone, gdy ponadto przyjmujemy, że^v przyszłym działaniu wielkości te nie zmieniają się, to układ równań /nierówności/ tworzy tzw. model deterministyczny. Rozwiązanie tego typu modeli uzyskuje się na drodze programowania liniowego, a w szczególnych przypadkach - przy pomocy programowania nieliniowego lub rachunku różniczkowego, względnie teorii gier.

2. Jeśli wartość przynajmniej jednego parametru nie jest stała i znana, lecz można ją wyznaczyć z określonym prawdopodobieństwem, innymi słowy: gdy jego wartość /w toku przewidywanego działania/ będzie zmienną losową o znanym rozkładzie, to układ równań tworzy tzw. model probalistyczny. Metody rozwiązywania tych modeli opierają się głównie na rachunku prawdopodobieństwa.

3. Jeśli informacje o wartości przynajmniej jednego parametru są ograniczone do tego stopnia, że nie możemy stwierdzić, że jest on zmienną losową o znanym rozkładzie /rozkład prawdopodobieństw jest nieznanym/, lecz pewne przybliżone dane o tym parametrze można uzyskać na drodze dokonania serii prób /doświadczeń/, to układ równań /nierówności/ tworzy tzw. model statystyczny lub stochastyczny. Metody rozwiązywania tych modeli opracowuje się przy zasto-

sowaniu statystyki matematycznej i teorii prawdopodobieństwa.

4. Jeśli wartość parametru /parametrów/ nie jest znana, lecz można określić zbiór wartości, spośród których jedną przyjmie on w toku działania, to taki układ równań, właściwy wszelkim sytuacjom konfliktowym, tworzy tzw. model strategiczny.

Model ten zawiera opis zbioru możliwych konsekwencji /np. w postaci macierzy wyników/ czekających każdą ze stron w przyjętych wariantach /sposobach/ postępowania /tj. strategii gdy na wybór tego sposobu przez jedną ze stron wpływa również jedna z możliwych kontrdecyzji, jaką w odpowiedzi może przyjąć przeciwnik. Metod rozwiązywania tych modeli dostarcza teoria gier strategicznych, a w szczególnych przypadkach również programowanie liniowe.

Jak można zauważyć, nawet na podstawie powyższego, ogólnego opisu klas modeli, analizę wpływu zmian parametrów na przebieg i wynik operacji przeprowadza się po uprzednim ustaleniu założeń podstawowych dla danej operacji oraz wyborze kryterium optymalności. Do zagadnień najtrudniejszych należy jednak określenie wielkości liczbowych przyjętych parametrów. Opracowuje się je z reguły na podstawie danych statystycznych z działań o podobnym charakterze lub w wyniku specjalnych eksperymentów wykonywanych np. na maszynach elektronicznych, np. metodą Monte Carlo.

Etap III. Obejmuje całokształt czynności rachunkowych, związanych z obliczeniem modelu opracowanego w etapie II oraz dokonanie wyboru pierwszego rozwiązania optymalnego. W praktyce badań nad problemami bardzo złożonymi, pracę tę wykonuje specjalny zespół /ośrodek/ obliczeniowy, wyposażony w elektroniczne maszyny liczące /cyfrowe, analogowe/, odpowiednie typy przeliczników itp/. Sprzężenie z etapem II umożliwia dokonywanie w procesie obliczeń niezbędnej kontroli wyników cząstkowych. Szybkość obliczeń zależy nie tylko od sprawności maszyn liczących, lecz w ni mniejszym stopniu od doświadczenia zespołu w zakresie programowania /przetwarzania modeli na "język" danej maszyny/ oraz stanu zbioru podprogramów typowych.

Etap IV dotyczy procesu weryfikacji opracowanych metod badawczych, modelu i uzyskanych wyników przed ich wprowadzeniem w życie oraz procesu kontroli wyników rozwiązania w toku działań prowadzonych w myśl decyzji przyjętej za optymalną.

Weryfikacja wyników rozwiązania modelu przed przyjęciem decyzji ma na celu wstępne skonfrontowanie ich z realną rzeczywistością w jakiej wystąpią. Może bowiem okazać się, że w założeniach modelu istniały luki, wynikające bądź z nieuwzględnienia wszystkich niezbędnych czynników występujących w badanym zjawisku czy procesie, bądź - oparcia się o niewłaściwie określone parametry, bądź z innych przyczyn. Konfrontacja ta powinna doprowadzić do wprowadzenia odpowiednich poprawek w modelu i zmian w rozwiązaniu.

Proces kontroli wyników rozwiązania w toku działań ma na celu, z jednej strony, dalsze sprawdzenie słuszności podjętej decyzji optymalnej z punktu widzenia uzyskanego rozwiązania, z drugiej - natomiast, badanie warunków, wpływających na zmiany wartości przyjętych parametrów i kryteriów optymalności, z punktu widzenia realnych możliwości osiągnięcia zamierzonego celu.

Przedstawiony system służy do opracowywania optymalnych decyzji dotyczących problemów /zadań/ o różnych charakterach i zakresie, przy czym teoretycznie rzecz biorąc bez względu na ilość czynników składających się na badany proces. Mogą to być zarówno tzw. decyzje jednostadialne /jednoetapowe/ dotyczące procesów doraźnych, typowych lub niepowtarzalnych, jak też decyzje wielostadialne /wieloetapowe/, tj. kolejno wzajemnie uzależnione i powiązane określonymi ciągiem przyczynowo-skutkowych konsekwencji. Istnieją obecnie realne możliwości, aby dla potrzeb rozwiniętego systemu dowodzenia, opartego na wykorzystaniu maszyn matematycznych /analogowych i cyfrowych/ zawczasu opracować szereg programów i podprogramów algorytmów wielu typowych, doraźnych problemów /zadań/. Można przypuszczać, że prace przygotowawcze w tym zakresie prowadzone są zarówno na Zachodzie /np. dla potrzeb NATO/ jak w niektórych akademiach wojskowych ZSRR oraz Akademii Sztabu Generalnego armii czechosłowackiej. Prace te sprowadzają się przede wszystkim do wyznaczenia optymalnych rozwiązań w zakresie:

- wykorzystania różnych środków transportu do przesunięć wojsk na duże odległości;
- organizacji pracy transportu w strefach tyłów związków operacyjnych;
- użycia broni atomowej;
- organizacji systemu osłony powietrznej przy wykorzystaniu maksymalnej efektywności dyspozycyjnych sił i środków;
- organizacji współdziałania między rodzajami broni na szczeblach taktycznych;
- maksymalnego wykorzystania właściwości techniczno-bojowych broni i sprzętu.

Zadanie to należy jednak traktować jako wstępne próby szerszego ujęcia problemu optymalizacji decyzji jedno-stadialnych. Sądząc na podstawie dostępnej literatury, podobne zadania i szereg innych bardziej złożonych były już rozwiązywane w czasie ubiegłej wojny przez amerykańskie i brytyjskie grupy badań operacyjnych.

Problem ten posiada jeszcze większe znaczenie jeśli dotyczy podejmowania decyzji wielostadialnych z uwagi na ich szczególną ważność i poważny wpływ na kształt rozwoju procesów planowanych na długie okresy czasu. Tego rodzaju decyzji nie można pobierać w oparciu o system kompleksowej automatyzacji sterowania siłami zbrojnymi czy dowodzenia wojskami. Im wyższy szczebel planowania perspektywicznego, tym większy wpływ na cele i kryteria optymalności mają przesłanki o charakterze politycznym, ekonomicznym, socjalnym, kulturalnym itp.

Błąd popełniany w jednej z kolejnych decyzji, wywołuje niekorzystne zmiany w układzie środków i warunków działania, stanowiących podstawę do podjęcia następnej decyzji, a w rezultacie suma błędów popełnionych w kolejnych stadiach procesu, wpływa na obniżenie stopnia realizacji celu ostatecznego. Stąd, problem metod opracowywania decyzji wielostadialnych, a więc uwzględniających dynamikę badanego procesu, staje się obecnie podstawowym przy opracowaniu przesłanek do polityki rozwoju w każdej dziedzinie. Polityka wzrostu poszczególnych gałęzi produkcji wojennej, polityka gromadzenia zapasów /rezerw/, polityka tworzenia

nowych rodzajów broni i kształtowania ich rozwoju, polityka kształcenia kadr, polityka rozbudowy infrastruktury itd., to tylko niektóre z ważniejszych problemów o charakterze strategicznym i makroekonomicznym, których prawidłowe rozwiązanie można uzyskać tylko w oparciu o właściwe modele dynamiki ich rozwoju.

Teoretyczną podstawę opracowywania i rozwiązywania tego rodzaju modeli stwarza teoria programowania dynamicznego, jedna z najmłodszych gałęzi badań operacyjnych, lecz rozwijająca się ostatnio bardzo intensywnie.

Planowanie perspektywiczne jest zresztą podstawowym dla sterowania każdym procesem rozwijającym się w czasie, bez względu na szczebel dysponujący środkami działania. Jedynie tylko waga problemu oraz realne potrzeby praktyczne mogą decydować, czy badane zjawisko lub proces rozpatrywać statycznie, a więc mniej dokładnie, a tym samym szybciej uzyskać wyniki obliczeń, niezbędnych do podjęcia optymalnej decyzji, czy też ujmować je dynamicznie, aby dokładniej przewidywać wszelkie perturbacje jakie mogą wystąpić w toku realizacji postawionego celu.

Dla ilustracji przedstawiamy szereg problemów z zakresu sztuki i techniki wojennej, nad którymi możnaby już rozpocząć prace badawcze metodami badań operacyjnych.

- Określanie optymalnych proporcji dla poszczególnych rodzajów wojsk /uzbrojenia, wyposażenia materiałowego i technicznego/ wchodzących w skład zgrupowania operacyjnego, przewidywanego do wykonania typowych zadań, np. desantu morskiego, powietrznego, grup operacyjnych wojsk lądowych, morskich i powietrznych itp.
- Ustalenie optymalnych przesłanek /zasad/ dla organizacji osłony powietrznej wydzielonych obiektów stałych i części obszaru kraju /np. w ramach OTK/ oraz obiektów ruchomych /np. kolumn marszowych, transportów itp/ w oparciu o kryteria efektywności broni, czasu i zużycia środków materiałowych.
- Wyznaczenie optymalnych programów ruchu wojsk w celu przegrupowania na duże odległości, przy wykorzystaniu istniejącej sieci drogowej.

- Określenie optymalnych sposobów użycia broni masowego rażenia w typowych sytuacjach operacyjnych.
- Ustalenie zasad wyberu rejonów rozmieszczenia wojsk w świetle typowych wariantów ugrupowania bojowego /operacyjnego/.
- Ustalenie zasad organizacji i pracy urzędzeń tykowych związków taktycznych /operacyjnych/ w podstawowych rodzajach działań; optymalizacji planów dowozu i ewakuacji; organizacja napraw sprzętu bojowego, transportowego itp.
- Ustalenie optymalnych znormalizowanych zestawów medycznych, wyposażenia technicznego, amunicji itp.
- Ustalenie optymalnych norm żywnościowych i wyposażenia osobistego żołnierzy różnych rodzajów wojsk /bielizna, umundurowanie, obuwie itp./ przewidzianych do działań na określonym TDW i kierunku operacyjnym.
- Ustalenie taktyczno-technicznych właściwości /parametrów/ dla projektowanych nowych rodzajów broni, sprzętu bojowego, technicznego itp.

Powyższe zestawienie przytacza tylko małą część przykładów z wybranych dziedzin działalności wojska. W większości przypadków problemy te były i są obecnie rozwiązywane metodą intuicji popartej doświadczeniem życiowym kierownictwa i stanem jego wiedzy o przedmiocie decyzji.

Niewątpliwie ciekawe wyniki dałyby próby sprawdzenia tych decyzji metodami badań operacyjnych. Analogiczne próby rewizji pewnych rozwiązań /planów perspektywicznych/, przeprowadzone w okresie ubiegłych 2-3 lat, w szeregu instytucjach, wchodzących w skład pewnych gałęzi gospodarki narodowej /handel, przemysł maszynowy, przemysł lekki, transport itp./ wykazały, że we wszystkich badanych przypadkach możnaby uzyskać wzrost efektów końcowych w granicach od 10% np. w przemyśle maszynowym do 30% np. w handlu. Koszty przeprowadzonych badań były przy tym niewspółmiernie niskie w stosunku do uzyskanych oszczędności, bądź wzrostu produkcji.

4. Niektóre istotne trudności występujące w procesie badawczym

Charakterystyka badań operacyjnych, jako nowoczesnego aparatu poznawczego w procesie podejmowania decyzji, byłaby jednak niepełna bez wykazania szeregu trudności związanych ze stosowaniem metod matematycznych zarówno w etapach modelowania badanych problemów i obliczania modeli jak też przy wprowadzaniu uzyskanych wyników do praktyki działań masowych lub planowania.

Ważniejsze trudności można podzielić na szereg grup.

Pierwszą grupę trudności wywołuje brak właściwych i dostatecznie ścisłych informacji o wartościach parametrów czynników, które powinny stanowić treść modelu. Bywa tak, że dopóki prace badawcze prowadzą się do określenia algorytmu danego zjawiska czy procesu, tj. gdy model formułowany jest na liczbach ogólnych, dopóty istotne wartości parametrów nie odgrywają głównej roli. W tym przypadku sprawa komplikuje się dopiero na etapie weryfikacji modelu oraz w toku wprowadzenia wyników badań do realizacji. Na pierwsze miejsce wysuwa się wtedy problem zbioru danych statystycznych, jako podstawy wnioskowania o wartościach parametrów. Istniejące tradycyjnie mierniki, wskaźniki, współczynniki, normy itp. mogą być bądź zupełnie nieprzydatne z uwagi na inną, tj. nietradycyjną treść i charakter czynników modelu, bądź - zbyt mało wiarygodne, np. ze względu na szczupłość bazy informacyjnej z której pochodzą.

Te i podobne okoliczności będą najczęściej wymagały przebudowania części, a nawet całości systemu pracy bloku I /magazyinowania informacji pod kątem potrzeb bloku II/ budowa modelu/ i IV /weryfikacja/, zwłaszcza w przypadkach rozwiązywania problemów współzależnych.

Jest to zamierzenie z reguły bardzo skomplikowane i pracochłonne, lecz niezbędne w okresie przejściowym do przedstawienia się na metody matematyczne określania optymalności decyzji.

Drugą grupę trudności powstaje przy wyborze właściwych kryteriów optymalności rozwiązań /planów/, szczególnie w przypadkach istnienia wieloszczeblowego i wielogąłęziowego aparatu wykonawczego. Zakładamy, że na szczeblu centralnym wysuwa się na czoło pewien cel generalny, który należy

osiągnąć w konkretnym okresie np. podwyższenie efektywności bojowej określonego rodzaju broni. Jeśli z jednej strony, ów cel spełnia nawet rolę kryterium, to nie zawsze można go określić ilościowo; z drugiej strony ów cel jest realizowany na podstawie planów wykonawczych, cząstkowych /opracowywanych przez poszczególne gałęzie specjalistyczne i podporządkowane im organy/, dla których cele robocze z reguły nie będą spełniały roli kryterium. Jak dowodzi praktyka planowania mogą istnieć pewne cele "robocze" nawet obiektywnie sprzeczne z celem generalnym. Stąd też, z uwagi na wielowęzłowość i wieloszczeblowość planowania realizacji celu generalnego, wygodniej jest zastąpić go szeregiem innych, konkretnie związanych ze specyfiką głównych gałęzi wykonawczych /np. surowce, produkcja, transport, łączność, wykształcenie itp./. W tym przypadku kryteria optymalności ich planów, będą najczęściej odmienne /choćby z uwagi na równoczesne wykonywanie innych zadań/, lecz nie powinny być wzajemnie sprzeczne. Sprawa metod doboru właściwych kryteriów cząstkowych dla planów działań współzależnych nie została jeszcze matematycznie opracowana.

Z powyższą grupą trudności wiąże się ponadto problem optymalnego horyzontu planu perspektywicznego. Jest rzeczą powszechnie znaną, że wybór właściwego planu, spośród szeregu możliwych, zależy również od wielkości horyzontu planowania, przy czym w miarę wydłużania się horyzontów, w praktyce obniża się stopień osiągnięcia celu. Porównanie szeregu planów perspektywicznych w celu wybrania planu optymalnego, wymaga ponadto dokonania analizy przewidywanego rozwoju poszczególnych czynników w jednakowych przekrojach czasowych dla wszystkich wariantów. Powstaje zatem trudność, która w teorii programowania dynamicznego nie została jeszcze rozwiązana, polegająca na wyznaczeniu wielkości wspólnej stopy wzrostu czynników dla wszystkich wariantów planu oraz określenie charakteru zmian wysokości stopy wzrostu w poszczególnych przedziałach czasowych. Jak wynika z praktyki planowania gospodarczego, jest nadal kwestią dyskusyjną przyjmowanie tej samej stopy wzrostu dla całego okresu.

Istnieje również pewna grupa trudności wynikająca z braku ścisłych informacji o wielkościach parametrów czyn-

ników planu i doprowadzająca w konsekwencji do kontrowersji podczas wyboru planu optymalnego. Posiadane informacje o parametrach pochodzą z okresów, w których warunki działania nie muszą odpowiadać ściśle warunkom w przyszłych okresach. Stąd też, gdy wiadomo, że wielkości parametrów mają charakter przypadkowy /losowy/ lub co więcej, gdy o ich wielkościach decydować będzie również przeciwnik, tj. gdy modele posiadają charakter strategiczny, nie można ściśle i jednoznacznie określić konsekwencji, wynikających z podejmowanych decyzji, a tym samym nie można definitywnie i jednoznacznie ustalić wielkości decydujących w wyborze planu. W tej sytuacji ustalenie planu optymalnego, określającego jednoznacznie efekt końcowy, jest niemożliwe. Wprawdzie w przypadku parametrów o charakterze losowym, jako optymalny można uznać plan, w którym wartość oczekiwana /nadzieja matematyczna/ wyrażenia spełniającego rolę kryterium osiąga maksimum /minimum/, to jednak nie można przytoczyć dostatecznie przekonującego dowodu o słuszności tego stanowiska. W przypadku sytuacji konfliktowych, tj. gdy parametry posiadają charakter strategiczny, wybór planu optymalnego jest jeszcze mniej przekonujący, gdyż wyniki rozwiązania modelu, uzyskane na podstawie stosowanej powszechnie tzw. reguły minimum, są dość pesymistyczne, a plan zbudowany w oparciu o nie - zbyt asekurowany.

Przedstawione grupy trudności nie podważają jednak samej idei stosowania aparatu matematycznego w procesie podejmowania decyzji. Wskazują tylko na niebezpieczeństwo fetysyzowania tego aparatu, zwłaszcza w obecnym stadium rozwoju badań operacyjnych oraz skłaniają do poszukiwania nowych metod i dalszego usprawnienia obliczeń niezbędnych w praktyce współczesnego planowania. Podkreślamy przy tym ważną rolę statystyki wojskowej, jako nauki określającej metody i zasady gromadzenia i uogólnienia informacji o czynnikach ilościowych i współzależnościach między nimi. Posiadanie właściwej bazy statystycznej jest bowiem warunkiem pierwszym i koniecznym przy stosowaniu teorii podejmowania decyzji w praktyce wszelkiego racjonalnego działania.

LITERATURA:

1. Zastosowanie metod badań operacyjnych do rozwiązywania niektórych zagadnień wojskowych. Wyd. wewn. Zespołu BO ASG. Bibl. Nauk.
rozdz. I str.10-40.
2. SADOWSKI W.: Teoria podejmowania decyzji. Wyd. PWE. W-wa 1961.
rozdział I.

Odbite 100 egz.

Egz.nr 1-100 bibl.jawna
Wyk. pkk SKIBINSKI
Druk.K.L.
Nr.ks.2288/WW
CW-0-XV-2310

