

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

# AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

CENTRUM INFORMATYKI

## SYMULACYJNE MODELE POTENCJAŁU OBRONNEGO PAŃSTWA I POTENCJAŁU BOJOWEGO SIŁ ZBROJNYCH

Projekt badawczy typu „grant” nr OT00A 055 18

OPRACOWANIE KONCEPCJI MATEMATYCZNYCH  
MODELI SYMULACYJNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM  
CZASU (RETROSPEKTYWNYCH I PROSPEKTYWNYCH)

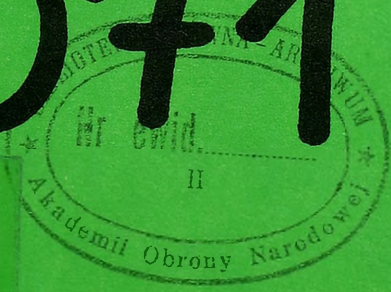
Zadanie badawcze V

# 61071

Biblioteka Główna  
Akademii Obrony Narodowej



05-004673-001-0



WARSAWA

2000

DNB

**AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ**  
**CENTRUM INFORMATYKI**



**SYMULACYJNE MODELE  
POTENCJAŁU OBRONNEGO PAŃSTWA I  
POTENCJAŁU BOJOWEGO SIŁ ZBROJNYCH**

Projekt badawczy typu „grant” nr OT00A 055 18

**OPRACOWANIE KONCEPCJI  
MATEMATYCZNYCH MODELI SYMULACYJNYCH Z UWZGLĘD-  
NIENIEM CZASU (RETROSPEKTYWNYCH I PROSPEKTYWNYCH)**

Zadanie badawcze V

~~BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM~~  
~~61071~~  
~~II~~

AUTORZY OPRACOWANIA:

Kierownik pracy: **Plk prof. dr hab. inż. Czesław FLANEK**

Autorzy:

**Plk dr inż. Maciej RATAJCZAK**

**Plk dr inż. Ryszard WIELEBA**

**Pplk dr inż. Janusz WOCIAL**

Przedstawione opracowanie jest wynikiem realizacji projektu badawczego nr OT00A 055 18 pt. **SYMULACYJNE MODELE POTENCJAŁU OBRONNEGO PAŃSTWA I POTENCJAŁU BOJOWEGO SIŁ ZBROJNYCH**. Temat opracowany został zgodnie z „Harmonogramem wykonania projektu badawczego.

Opracowanie stanowi realizację zadania badawczego nr V projektu.

Przedstawiane opracowanie zawiera koncepcję matematycznych modeli symulacyjnych potencjału obronnego państwa i bojowego sił zbrojnych. Przedstawione zostały modele statyczne oraz dynamiczne (z uwzględnieniem czasu). Uwzględnienie w modelu parametru czasu umożliwia prowadzenie analiz retrospektywnych i prospektywnych.

Autorzy przedstawili ogólną koncepcję modelu matematycznego potencjału obronnego państwa i bojowego sił zbrojnych. Model ten należy do klasy modeli właściwych dla wielowymiarowej analizy porównawczej (w tym taksonomicznej). Zanim zaproponowano sformalizowaną metodę agregacji wartości wymiarów (właściwą dla tych metod), autorzy przeprowadzili wiele rozważań i dyskusji nad jej zasadnością. Szczególnie w kontekście metod analitycznych przedstawionych w sprawozdaniu z realizacji zadania badawczego III.

W zaproponowanej koncepcji realizacji matematycznego modelu potencjału obronnego państwa i bojowego sił zbrojnych – po akceptacji ogólnej koncepcji - autorzy skoncentrowali się na dwóch problemach: konceptualizacji modelu statycznego i modelu dynamicznego.

Wszakże wynikiem realizacji projektu badawczego ma być kompleksowy model (symulacyjny) przedmiotu badanego. Następne zadanie badawcze poświęcone zostanie realizacji modelu przestrzennego. Po konceptualizacji tych cząstkowych modeli autorzy opracują model kompleksowy.

# SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI.....	4
WPROWADZENIE.....	5
<b>1. OGÓLNA KONCEPCJA MODELU MATEMATYCZNEGO POTENCJAŁU OBRONNEGO PAŃSTWA I POTENCJAŁU BOJOWEGO SIŁ ZBROJNYCH.....</b>	<b>6</b>
1.1. CZTEROELEMENTOWA DEKOMPOZYCJA PRZEDMIOTÓW .....	6
1.2. WIELOKRYTERIALNA PRZESTRZEŃ OCENOWA .....	12
<b>2. STATYCZNY MODEL MATEMATYCZNY .....</b>	<b>14</b>
2.1. FORMALNE ZWIĄZKI POMIĘDZY SYSTEMAMI SOP I SZ.....	14
2.2. KONCEPCJA MIERNIKÓW OCENY PODSYSTEMÓW SOP I SZ.....	17
<b>3. OPIS TEORETYCZNY DYNAMICZNEGO MODELU MATEMATYCZNEGO .....</b>	<b>20</b>
3.1. METODA PROGNOZOWANIA OPARTA NA MODELU TENDENCJI ROZWOJOWEJ .....	22
3.2. REALIZACJA METODY TENDENCJI ROZWOJOWEJ .....	27
3.2.1. <i>Podjęcie decyzji o postaci modelu opisującego hipotetyczne związki</i> .....	29
3.2.2. <i>Estymacja /oszacowanie/ parametrów przyjętego modelu</i> .....	30
3.2.3. <i>Weryfikacja dopasowania modelu do danych empirycznych</i> .....	30
<b>4. ANALIZY OCENOWE.....</b>	<b>34</b>
<b>ZAKOŃCZENIE .....</b>	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>38</b>

## WPROWADZENIE

Przedstawiane opracowanie zawiera koncepcję matematycznych modeli symulacyjnych potencjału obronnego państwa i bojowego sił zbrojnych.

W rozdziale pierwszym autorzy przedstawili ogólną koncepcję modelu potencjału obronnego państwa i potencjału bojowego sił zbrojnych. Koncepcja kreowanych modeli matematycznych oparta została na wielowymiarowej analizie porównawczej.

W rozdziale drugim przedstawiony został statyczny model matematyczny potencjału obronnego państwa i potencjału bojowego sił zbrojnych. Przedstawiono formalny model matematyczny badanych przedmiotów. Następnie zaproponowano modele identyfikacyjne.

W rozdziale trzecim przedstawiony został dynamiczny (z uwzględnieniem czasu) model matematyczny potencjału obronnego państwa i potencjału bojowego sił zbrojnych. Przedstawiono formalny model matematyczny badanych przedmiotów. Następnie określony został model decyzyjny (poprzez wyróżnienie zmiennych sterowalnych) w celu świadomego sterowania rozwojem badanych przedmiotów. Jednocześnie wyróżnione zostały zmienne niesterowalne (zakłócające), istotnie wpływające na wartość modelowanych potencjałów.

Przedstawione modele statyczne oraz dynamiczne umożliwiają prowadzenie badań (analiz retrospektywnych i prospektywnych) nad rozwojem potencjałów: obronnego państwa i bojowego sił zbrojnych.

W zaproponowanej koncepcji realizacji matematycznego modelu potencjału obronnego państwa i bojowego sił zbrojnych wyróżnione zostały zmienne wejściowe (i stanu) w strukturze hierarchicznej (w celu umożliwienia prowadzenia badań ze względu na „głębnię” modyfikacji przedmiotów realnych. Jeżeli określona zmienna predestynowana została do pełnienia roli zmiennej decyzyjnej, wówczas podany został jej rozkład teoretyczny z odpowiednimi parametrami tego rozkładu, właściwymi dla realnej cechy opisywanej tą zmienną.

# 1. OGÓLNA KONCEPCJA MODELU MATEMATYCZNEGO POTENCJAŁU OBRONNEGO PAŃSTWA I POTENCJAŁU BOJOWEGO SIŁ ZBROJNYCH

Ogólną koncepcję realizowanych modeli matematycznych badanych przedmiotów: systemu obronnego państwa i systemu sił zbrojnych stanowią:

- **Czteroelementowa dekompozycja przedmiotów** (zaproponowana w sprawozdaniu z realizacji czwartego etapu);
- **Wielowymiarowe wartościowanie cech przedmiotów** w wielokryterialnej przestrzeni ocenowej ich opisu.

## 1.1. CZTEROELEMENTOWA DEKOMPOZYCJA PRZEDMIOTÓW

**System organizacyjny państwa** rozpatrujemy w czterech głównych dziedzinach (podsystemach): politycznej, społecznej, gospodarczej i militarnej.

$$P = (P, S, G, M)$$

Gdzie:  $P$  - system państwowy

$P$  – podsystem polityczny, czyli stan politycznego zorganizowania państwa i społeczeństwa;

$S$  – podsystem społeczny, czyli stan rozwoju społeczeństwa państwa (demografia, ochrona zdrowia, kondycja socjalna, oświata i nauka, kultura);

$G$  – podsystem gospodarczy, czyli stan rozwoju gospodarczego (ekonomiczny (przemysł, rolnictwo, transport), techniczno – technologicznego, ekologicznego);

$M$  – podsystem militarny, czyli stan sił zbrojnych

Siła (potęga)  $S_P$  państwa jest zatem funkcją sił  $S_d$  dziedzinowych państwa, tj.:

$$S_P = f_P (S_p(P), S_s(S), S_g(G), S_m(M))$$

Ustalamy, że miernikiem wartości każdego podsystemu jest:

- **Potencjał** – dla określenia stanu;
- **Intensywność** – dla określenia tempa rozwoju (zmian wartości stanu);

**System obronny państwa** rozpatrujemy także w czterech głównych dziedzinach (podsystemach): polityczno - obronnej, społeczno - obronnej, gospodarczo - obronnej i militarne.

$$SOP = (P-O, S-O, G-O, M)$$

Gdzie: **SOP** - system obronny państwa

**P-O** – podsystem polityczno - obronny, obejmuje stan i rozwój formalno – prawnych gwarancji nieagresji (ze strony innych) i wzajemnej pomocy (na wypadek agresji) oraz własne rozwiązania (prawne, organizacyjne) niezbędne w stanach wyższej konieczności;

**S-O** – podsystem społeczno - obronny obejmuje stan i rozwój społecznej infrastruktury obronnej (urządzenia ochronne dla ludności) obronnie zorganizowane i przygotowane do obrony społeczeństwo;

**G** – podsystem gospodarczo – obronny obejmuje stan i rozwój gospodarczej infrastruktury obronnej (surowce i zasoby strategiczne, przemysł zbrojeniowy, moce produkcyjne);

**M** – podsystem militarny, czyli stan i rozwój sił zbrojnych

Siła (potęga)  $S_{SOP}$  systemu obronnego państwa jest zatem funkcją sił  $S_{d-o}$  dziedzinowych podsystemów obronnych, tj.:

$$S_{SOP} = f_{SOP} (S_{p-o}(P-O), S_{s-o}(S-O), S_{g-o}(G-O), S_m(M))$$

Ustalamy, że miernikiem wartości każdego podsystemu jest:

- **Potencjał** – dla określenia stanu;
- **Intensywność** – dla określenia tempa rozwoju (zmian wartości stanu);

**System sił zbrojnych** rozpatrujemy także w czterech głównych dziedzinach (podsystemach): polityczno - militarnym, społeczno - militarnym, gospodarczo - militarnym i technicznym.

$$SZ = (P-M, S-M, G-M, T)$$

Gdzie: **SZ**- system sił zbrojnych danego systemu obronnego państwa

*P-M* – podsystem polityczno - militarny, obejmuje stan i rozwój podsystemu dowodzenia;

*S-M* – podsystem społeczno - militarny obejmuje stan i rozwój świadomości obronnej żołnierzy (morale) i wyszkolenie bojowe;

*G-M* – podsystem gospodarczo – militarny obejmuje stan i rozwój logistyki wojskowej;

*T* – podsystem uzbrojenia, sprzętu bojowego i wyposażenia wojskowego.

Siła (potęga)  $S_{SZ}$  systemu sił zbrojnych państwa jest zatem funkcją sił  $S_{d-o}$  dziedzinowych podsystemów militarnych, tj.:

$$S_{SZ} = f_{SZ} (S_{p-m}(P-M), S_{s-m}(S-M), S_{g-m}(G-M), S_t(T))$$

Ustalamy, że miernikiem wartości każdego podsystemu jest:

- **Potencjał** – dla określenia stanu;
- **Intensywność** – dla określenia tempa rozwoju (zmian wartości stanu);

Z drugiej strony SOP jest podsystemem systemu państwowego, a system SZ jest podsystemem SOP. Określić więc należy relacje między tymi systemami.

Powyższe ustalenia formalne formułują zakres rozpatrywanych problemów i zachodzących związków między nimi. Problemy i związki tu nie ujęte, uznane zostały za nieistotne i wobec tego zostały pominięte. Stanowi to zatem ograniczenie rzeczywistości, którą modelujemy. Zapis formalny związków funkcyjnych uświadamia złożoność problemów i podlegać musi głębszej analizie.

Przyjmijmy teraz, że na każdy z wyróżnionych podsystemów dziedzinowych państwa oddziaływać może pewien strumień wejściowy  $Z_d$ . (nie wnikając czy pozytywnie czy negatywnie oceniany) Wówczas globalny strumień  $Z$  będzie następujący:

$$Z = f^z (Z_p, Z_s, Z_g, Z_m)$$

Każdą  $Z_d$  rozpatrywać należy jako

$$Z_{d.} = \zeta_{d.}^z (\beta, \beta^0)$$

tzn. oddziaływanie zewnętrzne przenoszone jest na podsystem dziedzinowy, a skutek zależy od odporności  $\beta$  podsystemu i  $\beta^0$  podsystemu – obronnego w funkcji  $\zeta_{d.}^z$ . Wobec tego zapisać można:

$$Z = f^z (\zeta_p^z (\beta, \beta^0), \zeta_s^z (\beta, \beta^0), \zeta_g^z (\beta, \beta^0), \zeta_m^z (\beta, \beta^0))$$

Związek powyższy identyfikuje główne klasy strumieni oddziaływania otoczenia na system państwowy i SOP w związkach funkcyjnych ich odporności.

Z kolei rozpatrując wektor wyjściowy  $S$  systemu mamy analogicznie:

$$S = f^s (S_p, S_s, S_g, S_m)$$

I definiuje siłę państwa, jego oddziaływanie na otoczenie zewnętrzne.

$$S_d = \zeta_d^s(\beta, \beta^0)$$

Tzn. siła dziedzinowa jest funkcją  $\zeta_d^s$  siły podsystemu obronnego tej dziedziny -  $\beta^0$  i podsystemu pozaobronnego -  $\beta$ . W związku z powyższym, mamy:

$$S = f^s(\zeta_p^s(\beta, \beta^0), \zeta_s^s(\beta, \beta^0), \zeta_g^s(\beta, \beta^0), \zeta_m^s(\beta, \beta^0))$$

Przyjeliśmy zatem, że siła systemu państwa i jego podsystemów dziedzinowych jest (1) funkcją oddziaływań zewnętrznych oraz (2) jakości systemu i jego podsystemów dziedzinowych. Wobec tego siła  $S_d$  d-tego podsystemu dziedzinowego jest funkcją potencjału  $P_d$  podsystemu i strategii  $S_d$  jego użycia. Tak więc siłę oddziaływania  $S_d$  d-tego podsystemu dziedzinowego można zapisać następująco:

$$S_d = \mathcal{S}_d(P_d, S_d, Z_d)$$

gdzie:

$P_d$  — potencjał d-tego podsystemu

$S_d$  — strategia rozwoju potencjału d-tego podsystemu

$Z_d$  — oddziaływania zewnętrzne na d-ty podsystem.

Przyjmujemy także, że oddziaływania zewnętrzne  $Z_d$  skierowane mogą być zarówno na potencjał  $P_d$  jak i na strategię  $S_d$ . Wobec tego mamy:

$$S_d = \mathcal{S}_d(P(P_d, Z_d), S(S_d, Z_d))$$

W takim ujęciu siła rozpatrywanego podsystemu dziedzinowego jest funkcją zmodyfikowanego potencjału i zmodyfikowanej strategii rozwoju potencjału. Ta modyfikacja może np. polegać na utrzymaniu niezmiennego poziomu potencjału, jeśli jest to możliwe, bez względu na oddziaływanie otoczenia, kosztem np. efektywniejszej strategii rozwoju w przyszłości.

Z drugiej strony zdecydowano, że siła podsystemu dziedzinowego składa się na:

$$S_d = \zeta_d^s (\beta, \beta^0)$$

Wobec tego mamy:

$$S_d = \mathcal{S}_d \{ [\zeta_d^s (P(P_d, {}^pZ_d)), \zeta_d^s (S(S_d, {}^pZ_d))], [\zeta_d^s (P(P_d, {}^oZ_d)), \zeta_d^s (S(S_d, {}^oZ_d))] \}$$

Czyli formalnie wyodrębnione oddziaływania zewnętrzne na potencjał i strategię jego rozwoju dla podsystemów dziedzinowych państwa i podsystemów dziedzinowo – obronnych SOP.

Analogicznie przedstawiamy formalne związki pomiędzy systemem SZ a SOP. Po logicznej dekompozycji systemu państwowego, SOP i SZ otrzymujemy formalny model identyfikacyjny, w którym określone zostały elementy i relacje między nimi.

## 1.2. WIELOKRYTERIALNA PRZESTRZEŃ OCENOWA

**Model ocenowy** tworzą (patrz sprawozdania z poprzednich etapów):

- określony **system wartości**, czyli klasa systemów i odpowiadających jej **kryteriów oceny**,
- **zbiór dopuszczalnych wskaźników oceny i skala ocen** wraz z **regułą ocenia**nia.

Należy przy tym zauważyć (po treściach zawartych w poprzednich sprawozdaniach i kolejnych konstatacjach dokonywanych w niniejszym), że każdy model ocenowy systemu:

przeznaczony jest dla określonej klasy systemów;

1. jest zrelatywizowany do przyjętego systemu wartości;
2. powinien umożliwiać wybór konkretnego wskaźnika /wskaźników/ oceny w zależności od warunków i potrzeb;
3. powinien zawierać elastyczną skalę ocen, tj. dostosowaną do warunków ocenia
4. powinien ograniczać wpływ czynników subiektywnych /emocjonalnych/ na ocenę systemu.

Przyjmijmy, że dla opisu wyróżnionych w rozdziale pierwszym podsystemów skoncentrujemy się na dwóch aspektach:

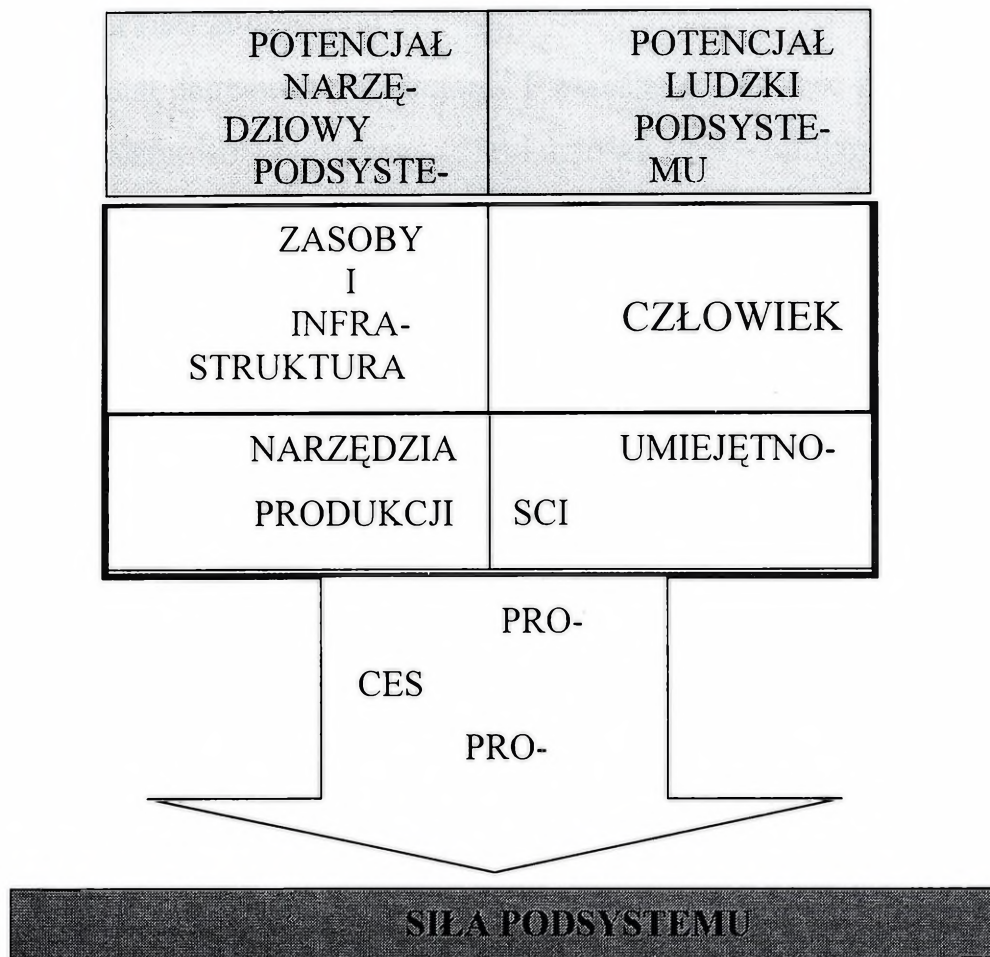
- **ludzkim**;
- **narzędziowym**.

Dla opisu **statycznej wartości podsystemu – potencjału**, wyróżniamy więc (rys. 1.):

- **Potencjał ludzki** podsystemu, w którym rozpatruje się zarówno aspekt ilościowy (stan osobowy), jak i jakościowy (możliwości twórcze, umiejętności, motywacje, itp.);

- **Potencjał narzędziowy** podsystemu, w którym rozpatruje się zarówno aspekt ilościowy (zasoby, infrastruktura), jak i jakościowy (możliwości wytwórcze, narzędzia produkcji, itp.).

Dla opisu **dynamicznej wartości podsystemu** – siły wprowadzone zostało pojęcie, „**funkcji produkcji**” podsystemu, określające wydolność tworzenia produktu podsystemu (rys.1.).



Rys. 1. Idea opisu statyczno – dynamicznego podsystemu

## 2. STATYCZNY MODEL MATEMATYCZNY

### 2.1. FORMALNE ZWIĄZKI POMIĘDZY SYSTEMAMI SOP I SZ

Przyjmijmy, że dla opisu podsystemów dziedzinowych rozpatrywanych przedmiotów, dziedzinowo – obronnych i dziedzinowo – militarnych (rozdział 1) posługiwać będziemy się pojęciem **potencjału** /narzędziowego i ludzkiego/– dla określenia statycznej wartości podsystemu.

Niech zatem dany będzie funkcjonal  $P$  określający wartość podsystemu dziedzinowego ( $d$ ), dziedzinowo – obronnego ( $d-o$ ) i dziedzinowo – militarnego ( $d-m$ ), tzn., że:

$$P_d: d \rightarrow R; d \in \{p, s, g, m\}$$

$$P_{d-o}: d-o \rightarrow R; d-o \in \{p-o, s-o, g-o, m\}$$

$$P_{d-m}: d-m \rightarrow R; d-m \in \{p-m, s-m, g-m, t\}$$

Gdzie  $R$  – zbiór liczb rzeczywistych.

Jest to jednak miernik mocno niewystarczający, choć znaczący. Dla opisu dynamicznej wartości powyższych podsystemów proponujemy posługiwać się pojęciem **siły** podsystemu na ustalonym jego potencjale. Tak więc wynikiem „funkcji produkcji” odpowiedniego podsystemu jest siła tego podsystemu.

Niech zatem dana będzie „funkcja produkcji”  $f_d$  –  $d$ -tego podsystemu dziedzinowego,  $f_{d-o}$  –  $d-o$ -tego podsystemu dziedzinowo-obronnego i  $f_{d-m}$  –  $d-m$ -tego podsystemu dziedzinowo-militarnego będzie następująca:

$$S_d = f_d(P_d)$$

$$S_{d-o} = f_{d-o}(P_{d-o})$$

$$S_{d-m} = f_{d-m}(P_{d-m})$$

Przy przyjęciu takich pojęć pojawiają się kolejne, ważne problemy, których ocena nie jest obojętna:

- Dla pojęcia **potencjału** – problem **wystarczalności** posiadanego takiego potencjału;
- Dla pojęcia **siły** – problem **efektywności** produkcji tej siły (efektywność dotyczy może produkcji przy różnych kryteriach: np. czasu, kosztów (nakładów), itp.).

Jeżeli związek pomiędzy SOP i systemem państwa (S) oraz pomiędzy SZ a SOP przyjmiemy w najprostszej postaci (opracowanie 4 etapu – tzn. oddziaływanie tylko pomiędzy podsystemami dziedzinowymi a dziedzinowo-obronnymi i dziedzinowo-obronnymi a dziedzinowo-militarnymi) to otrzymujemy następujące związki:

$$\mathbf{SOP} = \mathbf{A} * \mathbf{S}$$

Gdzie macierz **A** jest macierzą przepływów wartości tworzonych przez S do SOP

$$\begin{bmatrix} p-o \\ s-o \\ g-o \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{p-o,p} & a_{p-o,s} & a_{p-o,g} & a_{p-o,m} \\ a_{s-o,p} & a_{s-o,s} & a_{s-o,g} & a_{s-o,m} \\ a_{g-o,p} & a_{g-o,s} & a_{g-o,g} & a_{g-o,m} \\ a_{m,p} & a_{m,s} & a_{m,s} & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} p \\ s \\ g \\ m \end{bmatrix}$$

Gdzie współczynniki  $a_{ij}$  macierzy **A** opisują związki podsystemów dziedzinowo – obronnych SOP z podsystemami dziedzinowymi państwa. Określenie elementów  $a_{ij}$  macierzy **A** nie jest zagadnieniem łatwym, nawet przy dokonanych już uproszczeniach rzeczywistości dotyczącej ich liniowości. Jeżeli zbiór tych relacji ograniczymy tylko do „swoich”, tzn. podsystemy dziedzinowo – obronne zawarte są w „swoich” podsystemach dziedzinowych, wówczas macierz **A** przyjmie postać:

$$\begin{bmatrix} p-o \\ s-o \\ g-o \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{p-o,p} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{s-o,s} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{g-o,g} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} p \\ s \\ g \\ m \end{bmatrix}$$

W postaci powyższej wyeliminowane zostały związki podsystemów dziedzinowo – obronnych z nieprzynależnymi im podsystemami dziedzinowymi.

Zgodnie z powyższymi linearnymi związkami w języku potencjałów możemy zapisać:

$$\mathbf{P(SOP)} = \mathbf{A * P(S)}$$

Gdzie  $\mathbf{P(SOP)}$  będzie postaci:

$$P(SOP) = f_{SOP} \begin{bmatrix} P_{p-o}(p-o) \\ P_{s-o}(s-o) \\ P_{g-o}(g-o) \\ P_m(m) \end{bmatrix}$$

Zaś  $\mathbf{P(P)}$  będzie postaci:

$$P(P) = f_P \begin{bmatrix} P_p(p) \\ P_s(s) \\ P_g(g) \\ P_m(m) \end{bmatrix}$$

Podobnie określamy związki pomiędzy  $P(SZ)$  a  $P(SOP)$ , tj.

$$P(SZ) = f_{SZ} \begin{bmatrix} P_{p-m}(p-m) \\ P_{s-m}(s-m) \\ P_{g-m}(g-m) \\ P_t(t) \end{bmatrix}$$

Metodykę konstrukcji funkcji  $f_P$ ,  $f_{SOP}$ ,  $f_{SZ}$  przedstawimy po głębszej analizie problemu.

Powyższe problemy stanowią kryteria ocenowe wartości analizowanych podsystemów w aspekcie statycznym i dynamicznym.

Powyższe aspekty analizy określonego podsystemu są wystarczające dla określenia „stanu rzeczy”, w określonej jednostce czasu. Jeżeli jednak interesuje nas nie analiza „punktowa”, ale analiza prognostyczna (retrospektywna) – to niezbędne jest ujęcie powyższych miar (potencjału i siły) w aspekcie czasowym, tj. ujęcie związków rozwojowych. Prognozowanie i programowanie rozwoju potencjału i siły podsystemów jest niezbędnym elementem procesu podejmowania decyzji. Z jednej strony jest to bardzo odpowiedzialny proces, z drugiej – bardzo trudny. Przyjmijmy, że w racjonalnym działaniu tak decydentów, jak i samych systemów (celowo zorientowanych) dla maksymalizacji realizowanych celów przyjmowana jest odpowiednia **strategia** rozwoju (działania) podsystemu.

## 2.2. KONCEPCJA MIERNIKÓW OCENY PODSYSTEMÓW SOP I SZ

Dążenie do ilościowego ujmowania licznych i różnorodnych zjawisk jest w modelowaniu SOP i SZ koniecznością. Pomimo opracowania – przez licznych badaczy – wielu norm, kryteriów i miar ocenowych, to nie udało się jeszcze znaleźć syntetycznego wskaźnika siły, efektywności systemu państwowego, SOP, SZ. Po prostu nie umiemy tego robić, aby ująć wszystkie czynniki przynależne dziedzinie gospodarczej, społecznej, politycznej i militarnej.

Należy zatem zaproponować koncepcję konstrukcji takiego miernika. Najwcześniej stosowane były ilościowe mierniki efektywności podsystemu gospodarczego w postaci produktu krajowego brutto /PNB/. Miernik ten jest powszechnie stosowany jako kryterium wyników gospodarczych państwa i wykorzystywany do klasyfikacji zbioru państw. Pomimo tego, że uważa się, iż PNB jest nie tylko miernikiem wyników działalności gospodarczej, a dokładnie działań rynku, nie określa on bowiem poziomu dobrobytu człowieka, a nawet tylko samego dobrobytu ekonomicznego. Dlatego poszukuje się syntetycznego miernika dobrobytu społeczeństwa /efektywności podsystemu społecznego/, w wyniku czego pojawił się globalny wskaźnik dobrobytu narodowego /GNW – *Gross National Welfare*/ oraz wskaźnik dobrobytu ekonomicznego /MEW – *Measure of Economic Welfare*/. Nadal jednak do oceny efektywności podsystemu społecznego stosuje się mierniki określane mianem wskaźników socjalnych.

Największe trudności pojawiają się wtedy, kiedy próbuje się zmierzyć efektywność podsystemu politycznego. Osiągnięcie pewnych celów w życiu państw np. wolności czy sprawiedliwości, jest powszechnie pożądane, ale takie dane jak stopień osiągnięcia tych celów, kompromisy i koszty z tym związane są po prostu nieuchwytnie. Tylko kilka elementów życia ludzkiego, jak długość (przeciętne trwanie życia) da się łatwo mierzyć, chociaż na warunki życia jednostki wpływa ogromna liczba czynników.

Efektywność podsystemu militarnego państwa jest również trudna do pomiaru. Wynika to z jego natury: system ten po prostu nie realizuje się, nie spełnia, egzystuje w sferze potencjalnej. Nie przejawia się swoim produktem /jak gospodarczy – PNB, społeczny – kumulujący stosunek aspiracji do realiów, a przejawiający się /choć jest to także kontrowersyjne/ w poglądach społeczeństwa. W naukach wojskowych dla oceny efektywności systemu militarnego stosuje różne metody badawcze, w tym także modele symulacyjne działań bojowych /bitwy, walki, operacji, kampanii, wojny/.

Problem oceny efektywności poszczególnych podsystemów dziedzinowo – obronnych i dziedzinowo – militarnych jest jeszcze bardziej skomplikowany.

### **Propozycja klas mierników**

Dla pomiaru każdego z wyróżnionych podsystemów dziedzinowych państwa, dziedzinowo – obronnych SOP i dziedzinowo – militarnych SZ proponujemy zastosować następujące klasy mierników /zgodnie z koncepcją metody opisu modelowego – tj. dla każdej wyróżnionej warstwy opisu/:

1. Miernik określający **wartość** wymiaru w wartościach bezwzględnych /na jego podstawie może być konstruowany wskaźnik będący odniesieniem tego miernika do stanu rzeczy /powierzchni, liczby ludności, majątku narodowego, itp./
2. Miernik określający **zmianę** miernika (1), tj. tempo jego zmian w określonej jednostce czasu, a będący miarą tendencji jego rozwoju /możliwe jest tu pozyskiwanie odpowiednich danych uszczegóławiających ten miernik/.
3. Wskaźnik określający „**poziom inwestycji**” w dany wymiar, będący miarą racjonalnego działania mającego na celu wzrost miernika (1) w dłuższym okresie czasu.
4. Wskaźnik określający „**wolne moce**” w danym wymiarze będący miarą swobody działania mającego na celu wzrost miernika (1) w krótkim okresie czasu.
5. Wskaźnik określający **wrażliwość** /lub odporność/ miernika (1) na oddziaływanie zewnętrzne /ujmujący współzależność danego miernika od celowych działań otoczenia/.

Powyższe klasy mierników i wskaźników – po ich konkretyzacji – stanowiąc będą zmienne modeli symulacyjnych SOP i SZ /szczególnie (1) i (3)/ oraz zmienne zmian modeli /szczególnie (2) i (4)/. W ten sposób uzewnętrznienie możliwości zmian zmiennych modeli odpowiadać będzie podejmowaniu decyzji /zmienne decyzyjne/.

Zaproponowane klasy mierników i wskaźników są niezbędne do badań prognostycznego rozwoju systemów: SOP i SZ. Dla prowadzenia racjonalnych analiz prognostycznych, niezbędne jest dysponowanie następującymi danymi:

- a) Statystycznymi z przeszłości;
- b) Bieżącymi z monitoringu;
- c) Analitycznymi /diagnostycznymi i prognostycznymi/ będącymi przetworzeniem i uogólnieniem (a) i (b).

### 3. OPIS TEORETYCZNY DYNAMICZNEGO MODELU MATEMATYCZNEGO

Sformułowanie hipotezy o zależności pewnych zmiennych opisujących określone wielkości badanego przedmiotu /objektu i/lub procesu/ polega na ujęciu /znanych i/lub domniemanych/ związków w postaci równania. Przy czym należy odróżnić zmienne, które traktowane będą jako niezależne od tych, które traktować będziemy jako zależne<sup>1</sup>. W języku ekonometrycznym zmienne zależne nazywa się zmiennymi objaśnianymi, natomiast niezależne - objaśniającymi.

Na przykład z pewnych powodów /może to być wynikiem własnych obserwacji, innych badań, intuicji lub ustalonych praw danej teorii/ badacz uważa, że wielkości /zmienne/  $\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_k, \dots, \mathbf{X}_K$  w sposób istotny wpływają na wielkość /zmienną/  $\mathbf{Y}$ . Wówczas związek /na razie jeszcze nieznan/ między tymi zmiennymi można zapisać następująco (1):

$$\mathbf{y} = f(\mathbf{X}_1, \mathbf{X}_2, \dots, \mathbf{X}_k, \dots, \mathbf{X}_K) \quad (1)$$

a więc sformułować hipotezę o wystąpieniu zależności między zmiennymi.

Powyższy związek jest jednorównaniowym modelem ekonometrycznym. W szczególności  $K$  może być równe 1, wówczas równanie (1) przyjmie postać (2):

$$\mathbf{y} = f(\mathbf{x}) \quad (2)$$

czyli postawiona zostanie hipoteza o zależności zmiennej objaśnianej  $\mathbf{Y}$  od jednej zmiennej objaśniającej  $\mathbf{X}$ .

---

<sup>1</sup> Z. Czerwiński - *Matematyka na usługach ekonomii*, PWN 1984, ss.420.

Obserwując zachowanie się ustalonej zmiennej  $y$  /np. oszacowanego PR SZ określonego państwa/ w kolejnych chwilach /momentach/ czasu  $t$  zauważyć można powolne i systematyczne jej zmiany. Zmiany te wyrażają prawidłowości zmian badanej zmiennej i określane są pojęciem TRENDU lub TENDENCJI ROZWOJOWEJ. W ekonometrii trendem nazywa się funkcję /krzywą/, obrazującą proces zmiany badanej zmiennej w czasie<sup>2</sup>. Jeżeli w równaniu (2) za zmienną objaśniającą  $x$  przyjęty zostanie czas -  $t$ , wówczas otrzymamy równanie (3):

$$y = f(t) \quad (3)$$

Oczywiście należy zdać sobie sprawę, że sam upływ czasu nie jest i nie może być przyczyną zmiany badanej wielkości  $y$ . Jeżeli uległa ona zmianom w obserwowanym okresie czasu, to dlatego, że zmianie uległy inne zmienne od których  $y$  jest zależne.

Posługiwanie się funkcją trendu dla opisu przeszłości i przewidywania przyszłości jest celowe i dlatego rozpowszechnione oraz szeroko stosowane. Za pomocą zbudowanego, oszacowanego i zweryfikowanego /na podstawie danych statystycznych z przeszłości/ modelu tendencji rozwojowej wnioskuje się o przyszłym kształtowaniu się wartości badanej zmiennej<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Z. Czerwiński - *Op. cit.* ss.448.

<sup>3</sup> Indukcja polegała początkowo na oczekiwaniu, że zdarzenia które są wedle naszej wiedzy podobne, będą miały podobne do siebie następstwa. Im większa będzie klasa wzajemnie podobnych zdarzeń, które będą miały wzajemnie podobne następstwa, tym silniejsze będzie przypuszczenie o podobnym następstwie w kolejnym przypadku. Przypuszczenie to jednak niepomierne wzrasta, jeżeli można skorelować zmiany w zdarzeniu poprzedzającym ze zmianami w następstwie. Do tego celu użyto pomiaru. Pomiar wymyślono dla jakiejś zmieniającej się cechy podobnych zdarzeń poprzedzających i dla jakiejś zmieniającej się cechy podobnych następstw, między zaś tymi dwiema zmiennymi ustala się stały współczynnik zależności lub inną prostą korelację. Kiedy się to osiągnie, to nie można już wątpić w istnienie związku przyczynowego. Patrz W. V. Quine - *Success and Limits of Mathematization* ZN 1987 T.XXII z. 1 (89) ss. 97-100.

### 3.1. METODA PROGNOZOWANIA OPARTA NA MODELU TENDENCJI ROZWOJOWEJ

Oznaczmy przez  $Y$  prognozowaną zmienną. Przyjmujemy, że dysponujemy wartościami tej zmiennej dla chwil czasu  $t_1, t_2, \dots, t_n, \dots, t_N$ . Ogólnie przyjmujemy, że wartość zmiennej w chwili  $t_n$  jest losowa i oznaczamy ją jako  $Y(t_n)$ . Faktycznie zatem dysponujemy realizacjami zmiennych losowych  $Y(t_n)$ ,  $n=1, N$ . Na tej podstawie możemy konstruować model zależności zmiennej od czasu<sup>4</sup>. Szczególnym przypadkiem takiego modelu jest postać (4):

$$X(t) = h(t) + \zeta_t \quad (4)$$

gdzie:  $h(t)$  - deterministyczna funkcja nazywana trendem, reprezentująca ogólną tendencję zmiany wartości zmiennej;

$\zeta_t$  - składnik losowy, określający możliwe odstępstwa od ogólnego trendu, wynikające z różnych uwarunkowań ubocznych i/lub przypadkowych.

W badaniach trendów istotną rolę odgrywają trendy wielomianowe, tj. trendy postaci (5):

$$h(t) = \sum_{i=0}^l a_i * t^i \quad (5)$$

Duża popularność tej klasy funkcji trendu wynika stąd, że każda funkcja ciągła i ograniczona może być w skończonym przedziale aproksymowana wielomianem skończonego stopnia.

Szczególnym przypadkiem trendu wielomianowego jest wielomian pierwszego stopnia, nazywany trendem liniowym o postaci (6):

---

<sup>4</sup> Z. Pawłowski - *Ekonometria*, PWN, Warszawa 1984.



$$h(t) = a_0 + a_1 t \quad (6)$$

Trend liniowy jest szeroko wykorzystywany w praktyce ze względu na łatwość estymowania jego parametrów oraz możliwość sprowadzenia niektórych trendów w innej postaci do trendu liniowego.

Wobec powyższego zmiany wartości rozpatrywanej zmiennej będziemy opisywać zależnością (7):

$$Y(t) = a_0 + a_1 t + \zeta_t \quad (7)$$

Zanim możliwe będzie wykorzystanie powyższego modelu do prognozowania przyszłych wartości  $Y(t)$  należy dokonać estymacji parametrów modelu:  $a_0, a_1$  na podstawie zarejestrowanych wartości zmiennych losowych  $Y(t_n)$ ,  $n = 1, N$ . O zmiennych  $t_n$  zakładamy, że przyjmują kolejne wartości całkowite oraz  $t_n - t_{n-1} = 1$ ,  $n = 1, N$ . O zmiennych losowych  $\zeta_{t_n}$ ,  $n = 1, N$  zakładamy, że są łącznie niezależne,  $E \zeta_{t_n} = 0$ ,  $D^2 \zeta_t = \sigma^2$ ,  $n = 1, N$ . Przy takich założeniach model (11) staje się liniowym modelem opisowym<sup>5</sup> lub inaczej liniowym modelem Gaussa - Markowa<sup>6</sup>. Do estymacji parametrów tego modelu można wykorzystać metodę najmniejszych kwadratów. Zgodnie z nią należy rozwiązać zadanie (8):

$$\min_{\hat{a}_0(y), \hat{a}_1(y)} \sum_{n=1}^N \left( y_n - \hat{a}_0(y) - \hat{a}_1(y) t_n \right)^2 \quad (8)$$

gdzie:  $y_n$ ,  $n = 1, N$  są zarejestrowanymi realizacjami zmiennych  $Y(t_n)$ .

---

<sup>5</sup> Z. Pawłowski - *Statystyka matematyczna*, PWN, Warszawa 1981, ss.267.

Ponieważ zgodnie z przyjętymi założeniami  $t_{n_1} \neq t_{n_2}$ ,  $n_1, n_2 = 1, N$ , to istnieje jednoznaczne rozwiązanie powyższego zadania, a poszukiwane estymatory mają postać:

$$\hat{a}_1(Y) = \frac{\overline{t^*Y} - \bar{t}^*\bar{Y}}{\overline{t^2} - \bar{t}^2}$$

$$\hat{a}_0(Y) = \bar{Y} - \hat{a}_1(Y) \cdot \bar{t}$$

gdzie:  $Y = (Y(t_1), \dots, Y(t_N))$

$$t = (t_1, \dots, t_N)$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Y(t_n), \quad \bar{t} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N t_n$$

$$\overline{t^*Y} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N t_n * Y(t_n), \quad \overline{t^2} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N t_n^2$$

Dowodzi się, że estymatory  $\hat{a}_0, \hat{a}_1$  są estymatorami zgodnymi i nieobciążonymi parametrów  $a_0, a_1$ , modelu (8).

---

<sup>6</sup> J. Greń - *Statystyka matematyczna. Modele i zadania*, PWN, Warszawa 1984, ss.207.

Dysponując modelem (11) zmienności zmiennej  $Y$  w czasie, możemy określić metodę prognozy wartości zmiennej w chwili  $t_m > t_N$ . Prognozę tę oznaczamy jako  $\hat{Y}(t_m)$ .

Zadanie wyznaczenia najlepszej prognozy można sformułować następująco: wyznaczyć  $\hat{Y}(t_m)$  takie, że:

$$E \left\{ \left[ Y(t_m) - \hat{Y}(t_m) \right]^2 \right\} = \min E \left\{ \left[ Y(t_m) - g(t_m) \right]^2 \right\}$$

gdzie  $g: \mathbb{R}^1 \rightarrow \mathbb{R}$  funkcja mierzalna w przestrzeni  $(\mathbb{R}^1, \mathfrak{R})$ .

Uwzględniając fakt, że  $Y(t_m) = a_0 + a_1 t_m + \zeta_m$  oraz przyjęte założenia otrzymujemy następujące rozwiązanie /9/:

$$\hat{Y}(t_m) = a_0 + a_1 t_m \tag{9}$$

Ponieważ jednak dokładne wartości parametrów  $a_0, a_1$  nie są znane, posługujemy się następującą postacią  $\hat{Y}(t_m)$ :

$$\hat{Y}(t_m) = \hat{a}_0(Y) + \hat{a}_1(Y) t_m$$

W celu określenia dokładności wyznaczonej prognozy uzupełnimy założenia modelu (9) o założenie, że zmienne losowe  $\zeta_{t_n}$ ,  $n = 1, N$  mają rozkład  $N(0, \sigma)$ . W takim przypadku błąd standardowy prognozy określony jest zależnością<sup>7</sup>:

---

<sup>7</sup> J. Greń - *Op. cit.*, ss.223.

$$D[\hat{Y}(t_m)] = S^* \left[ 1 + \frac{1}{N} + \frac{(t_m - \bar{t})^2}{\sum_{n=1}^N (t_n - \bar{t})^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{gdzie: } S = \left[ \frac{1}{N-2} \sum_{n=1}^N [Y(t_n) - \hat{Y}(t_n)]^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{gdzie } \hat{Y}(t_n) = \hat{a}_0(Y) + \hat{a}_1(Y)t_n.$$

Przyjmując współczynnik ufności  $1 - \alpha$ , można zbudować przedział ufności dla wartości  $Y(t_m)$  według wzoru<sup>8</sup>:

$$P\{\hat{Y}(t_m) - t_\alpha D[\hat{Y}(t_m)] < Y(t_m) < \hat{Y}(t_m) + t_\alpha D[\hat{Y}(t_m)]\} = 1 - \alpha$$

gdzie  $t_\alpha$  jest wartością odczytaną z tablicy t - Studenta dla N-2 stopnia swobody i współczynnika ufności  $1 - \alpha$ .

---

<sup>8</sup> J. Greń - *Op. cit.*, ss.223.

### 3.2. REALIZACJA METODY TENDENCJI ROZWOJOWEJ

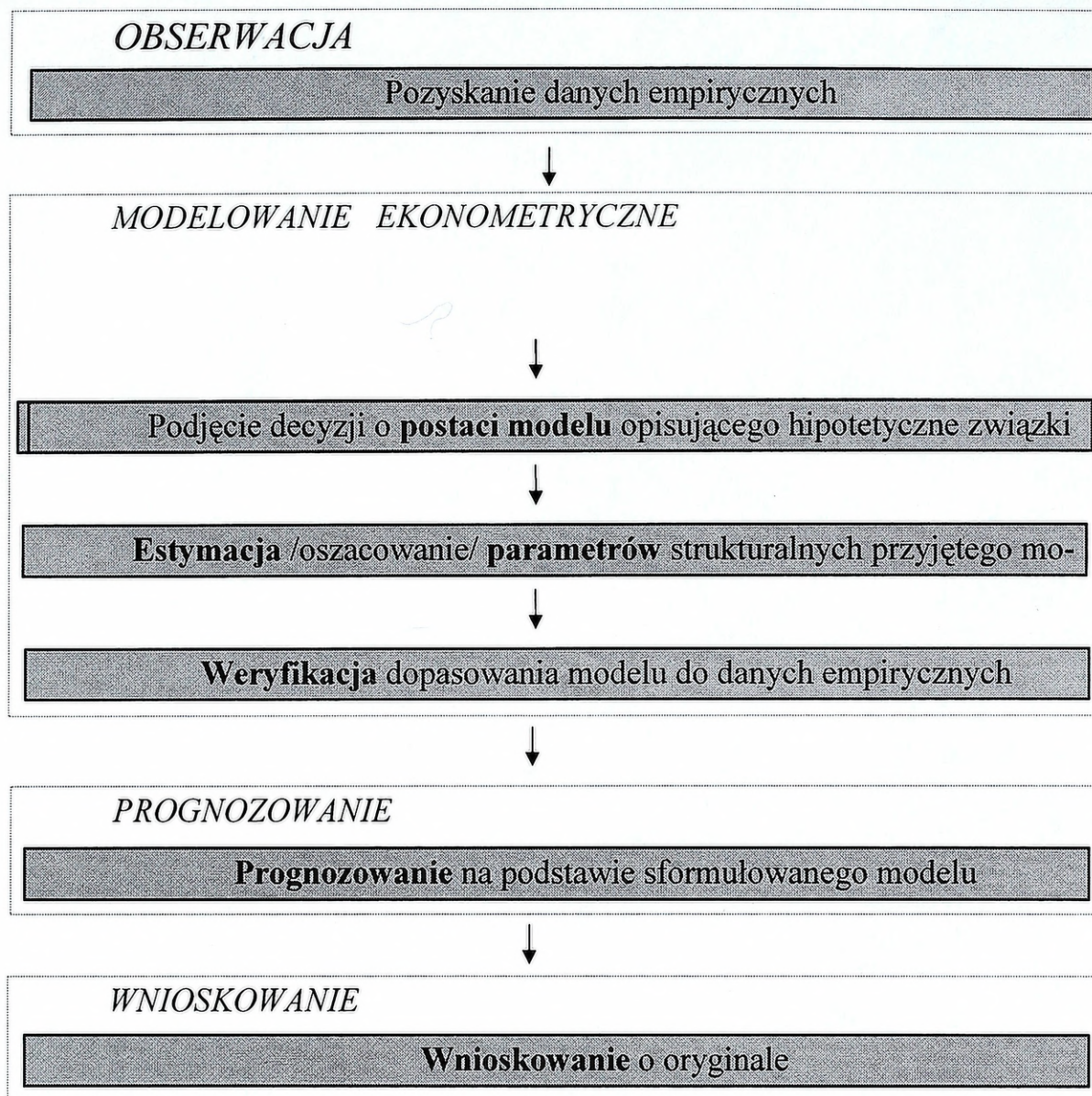
Algorytm metody tendencji rozwojowej przedstawia rys.2. Obejmuje on cztery główne etapy postępowania:

**OBSERWACJA** polega na zebraniu danych empirycznych /zrealizowane w rozdziale 2;

**MODELOWANIE EKONOMETRYCZNE** polega na wyborze postaci modelu /funkcji aproksymującej dane empiryczne/, oszacowaniu jego parametrów i obliczeniu błędów dopasowania;

**PROGNOZOWANIE** polega na arytmetycznym obliczeniu wartości funkcji aproksymującej dla następnych punktów;

**WNIOSKOWANIE** polega na przyjęciu /z obliczonym prawdopodobieństwem/ prognozowanych wartości jako oceny przyszłego stanu oryginału.



Rys.2. Algorytm metody tendencji rozwojowej

ŹRÓDŁO: Opracowanie własne

W punktach 3.2.1. - 3.2.3. szczegółowo opisane zostały ważniejsze etapy.

### 3.2.1. Podjęcie decyzji o postaci modelu opisującego hipotetyczne związki

Metoda trendu określona ogólnie (7) polega na wyborze postaci analitycznej modelu /funkcji/  $f$  tendencji rozwojowej najlepiej dopasowanej do danych empirycznych. Może to być funkcja liniowa, która jest najczęściej stosowana lub dowolna inna /z klasy ciągłych i różniczkowalnych/. Funkcję liniową przyjmujemy do aproksymacji, jeżeli dla badanej zmiennej bezwzględne przyrosty wartości przypadające na badaną chwilę czasu są w przybliżeniu stałe. Jej postać jest następująca:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \zeta_t$$

Z innych typów funkcji stosowane są najczęściej: wykładnicza i logistyczna. Jeżeli zmienna charakteryzuje się tym, że jej okresowy /międzywęzłowy/ przyrost jest proporcjonalny do już osiągniętego poziomu, to stosowany jest trend wykładniczy. Postać funkcji wykładniczej jest następująca:

$$y_t = \exp(\alpha_0 + \alpha_1 t) + \zeta_t$$

Jeżeli zmienna posiada tendencję szybkiego wzrostu na początku, natomiast po przekroczeniu pewnego poziomu prędkość wzrostu zaczyna słabnąć i następuje stabilizacja, to stosowany jest trend logistyczny. Jego postać jest następująca:

$$y_t = \frac{1}{\alpha_0 - \alpha_1 t - 1} + \zeta_t$$

Popularną klasą funkcji stosowaną w trendach są wielomiany algebraiczne. Wybór dotyczy jedynie stopnia wielomianu<sup>9</sup>. Zalecane są następujące metody jego wyboru:

- przez analizę danych empirycznych /dla wielomianu  $i$  - tego stopnia powinny być stałe  $i$  - te przyrosty badanej zmiennej  $y_t$  /;

---

<sup>9</sup> M. Krzysztofiak, D. Urbanek - *Metody statystyczne*, PWN, Warszawa 1981, ss. 81.

- przez badanie wariancji składnika losowego po oszacowaniu parametrów modelu.

Wśród wielomianów dość często wykorzystywany jest wielomian drugiego stopnia /funkcja kwadratowa/ postaci:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2 + \zeta_t.$$

### 3.2.2. Estymacja /oszacowanie/ parametrów przyjętego modelu

Zakładając, że nasza hipoteza co do postaci modelu jest słuszna, tzn. model jest w przybliżeniu zgodny z rzeczywiście występującym związkiem między zmienną objaśnianą a zmiennymi objaśniającymi, mamy określić liczbowo parametry tego związku /nie znając wszystkich możliwych realizacji zmiennych tworzących model, ale tylko niektóre z nich/. Najczęściej stosowane są dwie metody estymacji: metoda najmniejszych kwadratów i podwójna metoda najmniejszych kwadratów. Metody te są bardzo interesujące tak z teoretycznego punktu widzenia jak i ich numerycznej realizacji<sup>10</sup>. Jednak wykracza to poza granice naszych zainteresowań. Tym bardziej, że obecnie obliczenia te realizuje się w dość powszechnie znanych pakietach software'owych.

### 3.2.3. Weryfikacja dopasowania modelu do danych empirycznych

Modele różnią się dokładnością dopasowania do danych empirycznych /wyników obserwacji/. Powstaje problem: kiedy dokładność jest na tyle wystarczająca, aby można było posłużyć się modelem do przewidywania i czy można ocenić błąd jaki popełnimy opierając prognozę na określonym modelu.

Oczywistym jest, że błąd prognozy obliczyć można dopiero po porównaniu wartości prognozowanej z rzeczywistą, jaką zmienna przewidywana przyjęła - a więc

---

<sup>10</sup>M. Dryja, J i M. Jankowscy, *Przegląd metod i algorytmów numerycznych*, cz.2, WN-T, 1982, ss.141 i dalsze.

post factum. Można natomiast oszacować prawdopodobieństwo popełnienia błędu o określonej wielkości oraz tzw. średni błąd predykcji /pierwiastek z oczekiwanej wartości kwadratu odchylenia prognozy dokonanej na podstawie modelu od rzeczywistej wartości wielkości prognozowanej/. Natomiast jeżeli chodzi o ocenę dopasowania funkcji trendu do wyników obserwacji to stosowane są różne miary. Najbardziej oczywistą jest obliczenie odchyleń wartości zaobserwowanych od teoretycznych. I dlatego najczęściej stosowany jest współczynnik zgodności /zbieżności/ modelu z wynikami obserwacji. Określony jest wzorem /14/:

$$\Phi^2 = \frac{S_{\min}^2}{\sum (y_n - \hat{y})^2} \quad (14)$$

i posiada istotne dwie własności: (1) jest wielkością niemianowalną i (2) unormowaną / $0 \leq \Phi^2 \leq 1$ /. Im  $\Phi^2$  jest bliższe 0, tym dopasowanie jest lepsze, im bliższe 1, tym dopasowanie gorsze. Współczynnik ten ściśle jest związany ze współczynnikiem korelacji / $r$  / liniowej /dwóch zmiennych/ z próby. Związek ten jest następujący:

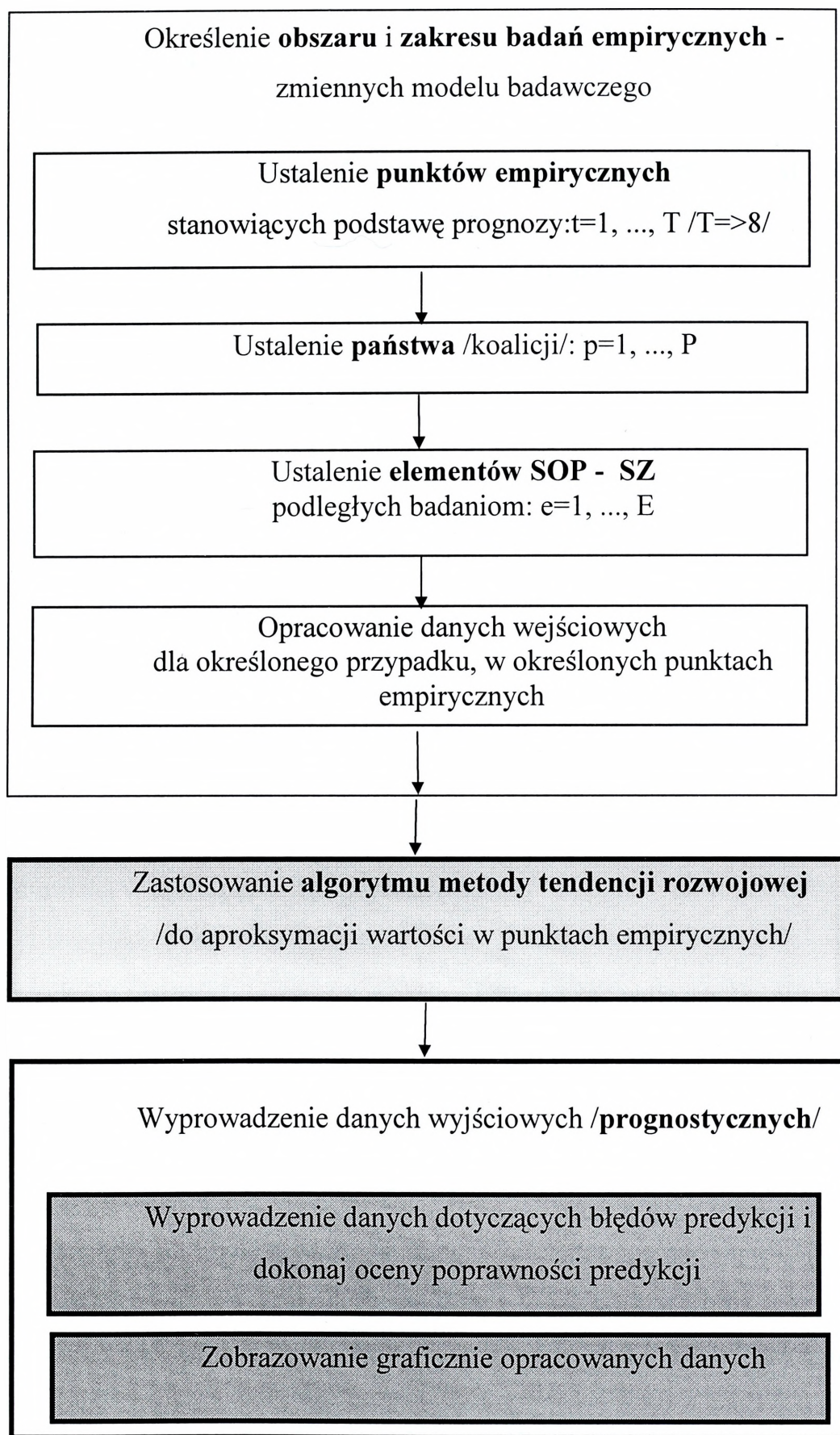
$$\Phi^2 = 1 - r^2$$

Przy już określonych miarach dopasowania powstaje problem ich krytycznych wartości. Wiedza o których byłaby użyteczna przy podejmowaniu decyzji o dopasowaniu modelu /i pewności prawidłowo przeprowadzonej weryfikacji/. Należy powiedzieć, że jest to sprawa umowna. Po przyjęciu dodatkowych założeń i konwencji można je wskazać posługując się odpowiednio dobranym testem statystycznym.

Na rys.3 przedstawiono schemat postępowania badawczego z zastosowaniem metody tendencji rozwojowej, realizacja którego pozwoli przeprowadzić analizę prognostyczną i uzyskać stosowne prognozy; zarówno w postaci szeregu rozdzielczego, jak i czasowego. Dla każdego z nich uzyskana ocena wartości dotyczyć może: ogólnej

wartości SOP i SZ i jej struktury /ze względu na składniki /organizacyjne i funkcjonalne/ tworzące SOP i SZ/ wewnętrznej. Umożliwia przeprowadzenie porównawczej analizy prognostycznej badanych przedmiotów /w zbiorze określonym przez postać szeregu/.

W przedstawionym, uogólnionym /ze względu na cel badawczy/ algorytmie prognozy zmian stanu /rozwoju/ SOP i SZ, zaznaczono te etapy, w których właściwe określenie zmiennych /ciąg jednostek czasu, zbiór podmiotów, elementy SOP i SZ, prowadzi do osiągnięcia zakładanego celu. Przedstawiona opcjonalność definiowania tych zmiennych uwidacznia elastyczność zastosowań metody badawczej dotyczącej prognozy zmian stanu /rozwoju/ SOP i SZ.



Rys.3. Schemat postępowania badawczego z zastosowaniem metody tendencji rozwojowej

ŹRÓDŁO: Opracowanie własne

#### 4. ANALIZY OCENOWE

Model **oceny SOP** lub **oceny SZ** – jest niczym innym jak **diagnozą stanu SOP** lub **SZ**. Metoda wielowymiarowej analizy umożliwia dokonywanie diagnozy stanu badanych przedmiotów dla dowolnego zbioru chwil / momentów lub okresów czasu, dowolnego zbioru państw lub koalicji, zbioru dowolnych elementów strukturalnych SOP lub SZ lub całych systemów. Dla tak sprecyzowanego obszaru i zakresu badawczego obliczany jest potencjał obronny państwa i potencjał bojowy poprzez „składanie” potencjałów cząstkowych. Danymi źródłowymi są miary ocenowe każdego wymiaru systemu: ilościowe i jakościowe. „Składanie” potencjałów cząstkowych następuje najpierw dla wymiarów najniższego poziomu, następnie wyższych, aż do wyodrębnionych podsystemów i systemów: SOP i SZ. Uzyskujemy w ten sposób jeden *macroagregat* stanowiący wartość ocenianych SOP i SZ /lub ich elementów/.

Jeżeli wyspecyfikujemy zbiór państw /koalicji/ - o liczności  $p = 1, \dots, P$  i/lub zbiór jednostek czasu - o liczności  $t = 1, \dots, T$ , to wówczas należy ponownie zrealizować opisany powyżej proces „składania” potencjału. Uzyskiwane kolejne *macroagregaty* zestawić można w tablicę  $(P \times T)$  - wymiarową.

Po określeniu wartości systemów, możliwe jest prowadzenie **analiz porównawczych** /w szeregu rozdzielczym i czasowym/ na odpowiednio opracowanym materiale empirycznym.

Proponowana **analiza** badanego przedmiotu /przedmiotów/ - dzięki wynikom uzyskanym w realizacji **diagnozy stanu SOP i SZ** - należy do typu klasyfikacyjnego. Prowadzi ona bowiem - ogólnie mówiąc - do „podziału” badanego przedmiotu lub zbioru przedmiotów na elementy lub podzbiory <według przyjętego kryterium - określonym w precyzacji zmiennych procesu diagnostycznego>, przy zachowaniu rozłączności i wyczerpywalności.

**Porównanie** natomiast, umożliwia: przynajmniej - szeregowanie, a maksymalnie - *nakładanie relacji porządku* - wykrytych /uzyskanych/ faktów. Polega - w ogólności - na zestawianiu wyników, łączeniu lub oddzielaniu i przeciwstawianiu sobie opracowanych danych /opisujących badane przedmioty/, na dostrzeganiu różnic i podobieństw. Jeżeli porównanie realizowane jest w podejściu kwantytatywnym, wówczas

bezpośrednio umożliwia ustalenie identyczności lub jej braku. Jednak zawsze wtedy, gdy jest oparte na określonym kryterium /np. określonym w precyzacji zmiennych procesu diagnostycznego/. Pozwala na uporządkowanie danych - materiału empirycznego, w celu dokonywania dalszych uogólnień.

W aspekcie celu badawczego - **oceny wartości** oraz przedmiotu badawczego - **SOP i SZ**, analiza porównawcza dostarczyć może udokumentowanych przesłanek dotyczących wnioskowania w skali strategicznej /ocena dokonywana jest wszakże w *macroskali* / w następujących wymiarach:

- w jakiej mierze porównywane wielkości SOP i SZ oraz ich zmiany są „normalne” i podobne /równoważne/, a w jakiej - różne; oraz co z tych analogii lub różnic wynika dla równowagi strategicznej;
- w jakich przedziałach wartości SOP i SZ można wnioskować o różnicach małych /nieznacznych/, a w jakich militarnie znaczących;
- które różnice w SOP i SZ wynikają z tzw. równomiernego /proporcjonalnego/ wzrostu i rozwoju społeczno - gospodarczego państwa, a które są wyrazem celowego działania zmierzającego do naruszenia równowagi militarnej.

Możliwy zatem do osiągnięcia cel, w **analizie porównawczej**, to porównanie:

- różnych systemów SOP i SZ istniejących w poszczególnych państwach lub tylko wyróżnionych ich elementów /w analizie w szeregu rozdzielczym/ - aby w efekcie określić pożądany stan systemu SOP i SZ.
- tego samego systemu SOP i SZ określonego państwa lub tylko wyróżnionych jego elementów /w analizie w szeregu czasowym/ - aby w efekcie określić zmiany stanu systemu SOP i SZ.

Dlatego stosowanie analizy porównawczej jest zasadne, a wynik - pożądany. Jednak niewłaściwe jej stosowanie i bezkrytyczna interpretacja wyników, doprowadzić może do fałszywych wniosków. Istotne niebezpieczeństwa tkwią, jeżeli porównujemy:

- diametralnie różne systemy SOP i SZ;
- systemy państwa różniące się tempem wzrostu czy efektywnością wykorzystania swoich zasobów;
- systemy państwa, SOP i SZ realizujące różne cele.

Sama wartość i jej struktura, nawet odniesiona do innych przedmiotów i/lub jego składników, nie jest wystarczającą miarą ocenową tego przedmiotu. Istotnie ważna jest bowiem wiedza dotycząca zachowania się tych zmiennych w czasie - czyli określenie tzw. **dynamiki**. Pod pojęciem **dynamiki** zjawisk rozumiemy zmiany wartości /poziomu/ badanej cechy mierzalnej i/lub jej struktury zachodzące w czasie. Do badania tempa zmian w poziomie i strukturze interesującego zjawiska przydatne są narzędzia, którymi dysponuje statystyka. Są to metody **tendencji rozwojowej** /rekomendowane w rozdziale 3/.

Dzięki całościowemu ujęciu problemu i uzyskanym, w procesie **diagnozy stanu SOP i SZ**, wynikiem możliwe jest przeprowadzenie **analizy retrospektywnej**. Analiza tego typu umożliwia wypracowanie wniosków ocenowych dotyczących zmian /zachowania się/ wartości badanych przedmiotów i/lub ich struktury - ogólnie zmiennych - w czasie przeszłym.

Jeżeli, posiadamy wiedzę dotyczącą zmian /zachowania się/ wartości /poziomów/ badanych przedmiotów i/lub ich struktury - ogólnie zmiennych z przeszłości, wówczas możliwe jest przeprowadzenie **analizy prospektywnej**. Analiza tego typu umożliwia wypracowanie wniosków ocenowych dotyczących prawdopodobnych zmian /zachowania się/ wartości /poziomów/ badanych przedmiotów i/lub ich struktury - ogólnie zmiennych /na podstawie przeszłości/ - w czasie przyszłym.

## ZAKOŃCZENIE

W opracowaniu pt. "OPRACOWANIE KONCEPCJI MATEMATYCZNYCH MODELI SYMULACYJNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM CZASU (RETROSPEKTYWNYCH I PROSPEKTYWNYCH), stanowiącym V etap projektu badawczego nr OT00A 055 18 pt. **SYMULACYJNE MODELE POTENCJAŁU OBRONNEGO PAŃSTWA I POTENCJAŁU BOJOWEGO SIŁ ZBROJNYCH** przedstawione zostały założenia koncepcyjne matematycznych modeli badanych przedmiotów.

Przedstawiono ogólny zarys koncepcji rozwiązania postawionego problemu, systemowe ujęcie badanych przedmiotów: tj. sił zbrojnych i systemu obronnego państwa oraz ogólną koncepcję rozwiązania problemu, stanowiącą formalny model identyfikacyjny oceny przedmiotów.

W dalszych rozważaniach nastąpić powinno opracowanie modeli dynamicznych tj. uwzględniających zmienną niezależną (czas) oraz zmienne przestrzenne. Modele takie będą miały zastosowanie do analiz w szeregu czasowym stanu i struktury przedmiotów oraz do analiz rozkładów przestrzennych wartości potencjału SOP i SZ.

## BIBLIOGRAFIA

1. Bartosiewicz S. - *Ekonometria*, PWE, Warszawa 1989.
2. Bojarski W. - *Podstawy analizy i inżynierii systemów*, PWN, Warszawa 1984
3. Chmielewski S.: *Metodologia jakościowej oceny sił dla potrzeb planowania operacyjnego oraz rozwoju Sił Zbrojnych PRL*, Wyd. WII Filia nr 1, 02998/79, Warszawa 1979.
4. Czerwiński Z. - *Matematyka na usługach ekonomii*, PWN 1984.
5. Dupuy T., N. - *Liczby, prognozy i wojna. Cz. I. Ilościowo - jakościowa metoda oceny zdolności bojowej i prognoz wyników walki. ASG WP, IBS-O, Warszawa 1984 /tłumaczenie z angielskiego/. Cz. II - załączniki.*
6. Gogolewski J., Ratajczak M., Wieleba R., Wocial J. - *Koncepcja modelu symulacyjnego systemu obronnego państwa*, praca n-b „OPCJA”, DSO MON 1993.
7. Gogolewski J., Ratajczak M., Wieleba R., Wocial J. - *Strukturalny model systemu państwa i systemu obronnego państwa*, praca n-b „OPCJA”, DSO MON 1994.
8. Greń J. - *Statystyka matematyczna. Modele i zadania*, PWN, Warszawa 1984.
9. Kolman R. - *Inżynieria jakości*, PWE, Warszawa 1992.
10. Konieczny J. - *Modele matematyczne systemów*, WAT, Warszawa 1983.
11. Krzysztofiak, M., Urbanek D. - *Metody statystyczne*, PWN, Warszawa 1981.
12. Kulczycki R., Gogolewski J., Wocial J. - *Metoda i jej zastosowanie do określania wielkości sił zbrojnych na poziomie niezbędnie wystarczającym*, praca n-b „KIERUNKI”, AON, 1993.
13. Kulczycki R., Gogolewski J., Ratajczak M., Wieleba R., Wocial J. - *Model walki zbrojnej szczebla operacyjno-strategicznego „SKORPION”*, praca n-b „SIEĆ”, AON, 1995.
14. Kulczycki R., Gogolewski J., Ratajczak M., Wieleba R., Wocial J. - *Model walki zbrojnej szczebla strategicznego „MODEL WOJNY”*, praca n-b „SIEĆ-1”, AON, 1997.
15. Pawłowski Z. - *Statystyka matematyczna*, PWN, Warszawa 1981.
16. Pawłowski Z. - *Ekonometria*, PWN, Warszawa 1984.
17. Pluta W. - *Wielowymiarowa analiza porównawcza w modelowaniu ekonometrycznym*, PWN, Warszawa 1986.
18. Ratajczak M., Mrowiec T., Wieleba R. - *Prognozowanie skutków decyzji podejmowanych w działaniach bojowych metodą modelowania symulacyjnego*, AON 1992.
19. Sienkiewicz P. - *Inżynieria systemów. Wybrane zastosowania wojskowe*, MON, Warszawa 1983.
20. Sienkiewicz P. - *Teoria efektywności systemów*, Oss. Wrocław 1987.
21. Steczkowski J., Zeliaś A. - *Statystyczne metody analizy cech jakościowych*, PWE, Warszawa 1981.
22. Wocial J. - *Metoda wartościowania modeli i jej zastosowanie do wyboru modelu SZ*, AON, 1993.
23. Wocial J. - *Potencjał rażenia sił zbrojnych Polski i państw otoczenia. Oszacowanie, analiza, ocena*, AON, 1994.
24. Wocial J. - *Zastosowanie metody tendencji rozwojowej do prognozowania rozwoju potencjału rażenia sił zbrojnych*, AON, 1994.
25. Wocial J. - *Analiza potencjałów rażenia SZ Polski i państw otoczenia*, AON, 1996.

