R G B WH GR BL Grey Scale #13 C M Y K
DANES-PICTA.COM
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WOJNA JAKO PRZEDMIOT BADAŃ NAUKOWYCH

"SYSTEMATYKA"

METODYKA BADAŃ NAUKOWYCH

/Materiały z badań/

Część II

63895

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/2613 cz.2
05-002613-001-0

WARSZAWA 1994

Colour Chart #13
Inches Centimetres
Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

WOJNA JAKO PRZEDMIOT BADAŃ NAUKOWYCH

"SYSTEMATYKA"

METODYKA BADAŃ NAUKOWYCH

/Materiały z badań/

Część II

63895

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/2613 cz.2
05-002613-001-0

WARSZAWA 1994

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
Nr 63895
II
Akademii Obrony Narodowej

WOJNA JAKO PRZEDMIOT BADAŃ NAUKOWYCH

,, SYSTEMATYKA ''

METODYKA BADAŃ NAUKOWYCH

(Materiały z badań)

Część II

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Nr ewid. .....
Działu Zbiorów Jawnych - Archiwum

WARSZAWA 1994

Zespół autorski:

Kierownik : płk dr hab. inż. Józef JURA

Członkowie : płk prof. dr hab. Piotr SIENKIEWICZ

płk dr hab. Czesław FLANEK

płk dr hab. Marek KUCHARSKI

płk dr hab Zygmunt MARKOCKI

ppłk dr Janusz SOBIECKI

ppłk dr Bronisław ROKICKI

ppłk dr Mieczysław PELC

Sekretarz : kpt. rez. Marian MIKOŁAJCZUK

SPIS TREŚCI

I BADANIA OPERACYJNE 4

1. Wstęp 4

2. Geneza i rozwój 5

3. Prace: modele i metody 7

4. Metody optymalizacji 10

5. Optymalizacja wielokryterialna 30

6. Zakończenie 31

II. WPROWADZENIE DO KOMPUTEROWYCH GIER WOJENNYCH 32

Wstęp 32

1. Analiza rozwojowa gier wojennych 43

2. Gra jako model działania 58

3. Komputerowa gra wojenna 74

4. Podstawy projektowania komputerowej gry wojennej 81

5. Wykorzystanie komputerowej gry wojennej 122

III. ĆWICZENIA WOJSKOWE METODĄ WOJSKOWYCH BADAŃ NAUKOWYCH 125

I. BADANIA OPERACYJNE

1. Wstęp

Badania naukowe w Wojsku Polskim, w szczególności zaś badania operacyjne i systemowe, nie mogą być rozpatrywane w jakiejś izolacji od głównych kierunków rozwoju nauki i techniki w Polsce. Warto na wstępie przedstawić kilka uwag historycznych, aby chociaż wspomnieć o wątkach cybernetycznych w pismach filozofa B. Trentowskiego (1843) oraz holistycznej myśli logika S. Leśniewskiego (1916, mereology jako system dedukcyjny) i systemowych elementach w filozofii R. Ingardena (1946, system względnie izolowany). Na osobną uwagę zasługuje prakseologia T. Kotarbińskiego (1948), którą można rozpatrywać jako swoistą filozofię aktywnych systemów społecznych.

W 1925 r. wybitny matematyk polski H. Steinhaus publikuje artykuł pt. „*Elementy teorii gier i pościgu*", w którym formułuje matematyczne podstawy teorii gier – niezależnie od E. Borela i przed J. von Neumannem. Po wojnie H. Steinhaus stworzył we Wrocławiu ośrodek matematyki stosowanej, który należy uznać za pierwszy w Polsce naukowy ośrodek badań operacyjnych.

Po przełomie politycznym w Październiku 1956 r. w pełni uwidoczniły się fascynacje cybernetyką, teorią systemów i badaniami operacyjnymi. Przykładem ich mogą być prace ekonomisty i polityka O. Lange (cybernetyka ekonomiczna, cybernetyczne ujęcie kategorii całości i rozwoju), logika H. Greniewskiego (teoria cybernetycznych systemów izolowanych, modele Golemów), inżyniera M. Mazura (teoria systemów autonomicznych, cybernetyczna teoria charakterów ludzi, jakościowa teoria informacji). Koncepcje te były następnie rozwijane w postaci np. matematycznej teorii CIS (cybernetic isolated systems) J. Jaronia, próbach prakseologii formalnej, a następnie inżynierii systemów działania J. Koniecznego, cybernetycznych modelach systemów społecznych itp.

Na uwagę zasługują także prace dotyczące metodologii systemów projektowania (W. Gasparski, R. Staniszewski) oraz matematycznych modeli rozwoju społeczno-gospodarczego kraju (R. Kulikowski), matematycznej teorii systemów informacyjnych i teorii konfliktów (Z. Pawlak), matematycznej teorii systemów zdarzeniowych (J. Tchon), systemowych koncepcji organizacji gospodarczych (J. Gościński), matematycznej teorii organizacji (S. Piasecki) i wiele innych.

Wymienienie wszystkich przekracza ramy tych rozważań. Należy zauważyć, że w ciągu ponad 30-letniego rozwoju cybernetyki, badań systemowych i operacyjnych w Polsce widoczny był stały, pomimo oczywistych przeszkód natury pozanaukowej, kontakt z głównymi światowymi ośrodkami naukowymi, co miało wpływ na zakres podejmowanych problemów oraz rozwój modeli i metod. To wszystko z kolei znajdowało odbicie w charakterze badań operacyjnych i systemowych prowadzonych w Wojsku Polskim.

2. Geneza i rozwój

Za wydarzenie, od którego można rozpatrywać początek badań operacyjnych w Wojsku Polskim należy uznać pierwsze tłumaczenie pracy P.H. Morse a i G. E. Kimballa (ASG WP, 1962). Nieco wcześniej pierwsi oficerowie wzięli udział w kursie badań operacyjnych organizowanym przez Instytut Matematyki Polskiej Akademii Nauk. W 1963 r. ukazała się pierwsza publikacja polska popularyzująca wojskowe zastosowania metod badań operacyjnych (M. R. Sztarski, „*Wojsko a badania operacyjne*"). Rok wcześniej w Wojskowej Akademii Technicznej zorganizowano pierwszy kurs badań operacyjnych, oraz utworzono na Wydziale Elektroradiotechnicznym specjalność „cybernetyka wojskowa". W 1969 r. powstał Wydział Cybernetyki WAT, w którego strukturze utworzono Katedrę Badań Operacyjnych.

Równolegle problematyka systemowa i badania operacyjne zostały włączone do programów nauczania w Akademii Sztabu Generalnego WP, gdzie od 1964 r. działa najpierw Zespół Badań Operacyjnych, z którego następnie wyłoniła się Katedra Cybernetyki Wojskowej (przekształcona potem w Katedrę Dowodzenia i Informatyki) oraz Instytut Dowodzenia. W Instytucie Dowodzenia zajmowano się problemami automatyzacji systemów dowodzenia i sterowania środkami walki, a w szczególności wojskowymi zastosowaniami badań operacyjnych; w połowie lat 70, po połączeniu z Instytutem Automatyzacji Systemów Zarządzania WAT przekształcił się w obecny Wojskowy Instytut Informatyki.

Duże znaczenie dla rozwoju badań operacyjnych i systemowych w wojsku miało powstanie w połowie lat 60 w WAT interdyscyplinarnego Zespołu Teorii Walki, który można uznać za główny – we wczesnym okresie rozwoju omawianej problematyki w WP – ośrodek badań operacyjnych. W 1974 r. powstał w WAT Instytut Systemów Technicznego Zabezpieczenia Wojsk, który po latach przekształcił się w Instytut Logistyki. Tam rozwijano zarówno metodologiczne podstawy analizy systemowej, jak i oryginalne modele systemów logistycznych.

Udaną próbą integracji cywilnych i wojskowych naukowców uprawiających, szeroko rozumiane badania systemowe były naukowe Szkoły Podstaw Inżynierii Systemów (1976, 1979, 1985, 1990). W 1983 r. w ASG WP odbyło się kolokwium nt. „*Inżynieria systemów w rozwoju społeczno-ekonomicznym i obronnym kraju*".
Pod koniec lat 80 w ASG WP, powstał Instytut Badań Strategiczno-Obronnych, z którego następnie – już w strukturze Akademii Obrony Narodowej – utworzono Wydział Strategiczno-Obronny oraz Centrum Informatyki. Tu powstała rodzina modeli symulacyjnych strategicznych, operacyjnych i taktycznych. Od 9 lat prowadzone jest

także ogólnokrajowe seminarium analizy systemowej. W Centrum Informatyki zorganizowano cztery konferencje naukowe nt. „*Modele w badaniach, dydaktyce i podejmowaniu decyzji*". Z kolei, Wydział Cybernetyki WAT w 1993 r. był organizatorem konferencji nt. „*Informatyka w kierowaniu i dowodzeniu*". We wrześniu 1993 r. na terenie AON odbyła się konferencja naukowa BOS'93, której głównymi organizatorami był Instytut Badań Systemowych PAN oraz Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych.

Analizując rozwój badań operacyjnych i systemowych w WP można wyróżnić trzy okresy:

- „okres wczesny" (1960–1970), dla którego charakterystyczne jest ożywione zainteresowanie badaniami operacyjnymi i cybernetyką, popularyzacja „klasycznych" metod i modeli, które przyniosło pierwsze oryginalne prace podstawowe oraz pierwsze zastosowania w praktyce dowodzenia (np. w systemach dowodzenia obroną powietrzną, w logistyce itp.); towarzyszyła temu intensywna działalność edukacyjna;
- „okres średni" (1970–1980), w którym obok cybernetyki wojskowej z badaniami operacyjnymi widoczne jest ożywione zainteresowanie analizą systemową i inżynierią systemów; dostrzec można jednak oznaki pewnego sceptycznego stosunku do efektywności zastosowań badań operacyjnych w wojsku;
- „okres dojrzały" (1980 –), to okres par exellence „systemowy", w którym zainteresowanie przesunęło się na zagadnienia komputeryzacji, co wiąże się zapewne z „boomem mikrokomputerowym", ale, dla którego charakterystyczne jest również zaliczenie metod analizy i inżynierii systemów do podstawowego instrumentarium w dziedzinie wojskowych badań naukowych; świadczą o tym nie tylko wdrożenia (zautomatyzowany system obrony powietrznej kraju), lecz także rozwój symulacyjnych modeli walki oraz zastosowania analizy systemowej w planowaniu strategiczno-obronnym, systemowe analizy sytuacji polityczno-militarnej w Europie itp.

Obecnie należy podkreślić rozwój kontaktów z ośrodkami zachodnimi (np. z RAND Corporation i brytyjskim DOAC) oraz wspólne przedsięwzięcia naukowo-szkoleniowe (np. „*Political – Military Game*" w Centrum Informatyki AON).

3. Prace: modele i metody

Pierwszy okres rozwoju badań operacyjnych i systemowych w WP przynosi przede wszystkim tłumaczenia na język polski klasycznych prac naukowych (P. H. Morse i G. E. Kimball, R. Bellman, Pontriagin itp.), potem pojawiły się pierwsze publikacje polskich autorów wojskowych naukowców takie, jak monografie:

(1) „*Wojsko a badania operacyjne*" (R. Sztarski, 1963)

(2) „*Automatyka i cybernetyka we współczesnej armii* (A. Iwaszkiewicz, M. Stolarski, W. Żelazowski, 1965)

(3) „*Dowodzenie wojskami a cybernetyka*" (L. Kuleszyński, 1967)

prace doktorskie i habilitacyjne:

(1) „*Teoria przewagi sił zbrojnych. Metodologia wyznaczania efektywności wojsk*" (J. Skibiński, 1963, ASG WP)

(2) „*Dwupoziomowe sterowanie wielkimi systemami*" (S. Paszkowski, 1967, WAT)

(3) „*Teoria optymalnych systemów obsługi*" (S. Piasecki, 1968, WAT)

oraz kolejne zeszyty Zespołu Teorii Walki (WAT) i cykl oryginalnych prac w ramach serii „*Teoria badań operacyjnych*" (WAT), obejmującej takie pozycje, jak np.:

- „*Elementy teorii niszczenia*" (S. Piasecki),
- „*Model systemu niszczenia*" (S. Piasecki),
- „*Model systemu obrony*" (H. Burlaga, S. Piasecki, A. Stanek),
- „*Funkcje strat obiektu*" (J. Konieczny, J. Wilczek),
- „*Modele złożonych procesów niszczenia*" (H. Burlaga, M. Chudy),
- „*Problemy przegrupowania wojsk*" (Z. Kaszubowski, R. Mizera, S. Piasecki),
- „*Planowanie operacji wojennych*" (A. Chojnacki, S. Piasecki).

Lata 70 przynoszą ważną monografię pt. „*Cybernetyka walki*" (J. Konieczny, 1970) oraz serię skryptów WAT dotyczących optymalizacji systemów obsługi technicznej, systemów transportowych, systemów przewozowych, systemów zaopatrzenia i systemów produkcyjnych (S. Piasecki) oraz książkę pt. „*Badania operacyjne w obsłudze i zaopatrywaniu wojsk*" (W. Filar, 1973). Spośród rozpraw doktorskich na szczególną uwagę zasługuje praca pt. „*Modelowanie matematyczne i algorytmizacja planowania działań bojowych*" (A. Chojnacki, 1976, WAT). W Wojskowej Akademii Politycznej przetłumaczono na język polski szereg prac poświęconych analizie systemowej autorów amerykańskich z RAND Corporation oraz powstała monografia

pt. „*Analiza systemowa w planowaniu obrony*" (A. Rogucki, 1975). W Instytutucie Systemów Zabezpieczenia Technicznego Wojsk WAT wydawana jest seria prac pt. „*Systemy Zabezpieczenia Wojsk*".

Na przełomie lat 70 i 80 na Wydziale Cybernetyki WAT powstają wartościowe prace poświęcone następującej problematyce:

(1) optymalizacja wielokryterialna (wektorowa) i teoria gier (A. Ameljańczyk),

(2) teoria grafów, hipergrafów i sieci (B. Korzan),

(3) optymalizacja przepływów w sieciach stochastycznych (A. Chojnacki),

(4) optymalizacja procesów hierarchicznego uzupełniania zasobów (M. Chudy),

(5) inżynieria systemów decyzyjnych, modelowanie konfliktowych sytuacji decyzyjnych (W. Miszalski).

W ASG WP powstały rozprawy doktorskie i habilitacyjne:

(1) „*Modelowanie boju spotkaniowego*" (E. Kilar, 1976)

(2) „*Teoria efektywności systemów kierowania*" (P. Sienkiewicz, 1980)

(3) „*Komputerowe gry wojenne. Projektowanie i wykorzystanie*" (A. Barczak, 1983),

a ponadto zostały opublikowane książki o charakterze monografii:

(1) „*Inżynieria systemów. Wybrane zastosowania wojskowe*" (P. Sienkiewicz, 1983)

(2) „*Inżynieria systemów działania*" (J. Konieczny, 1984)

(3) „*Dowodzenie z komputerem*" (P. Sienkiewicz, M. Szczepaniak, W. Więckowski, 1985)

(4) „*Teoria efektywności systemów*" (P. Sienkiewicz, 1987)

(5) „*Inżynieria systemów kierowania*" (P. Sienkiewicz, 1988)

(6) „*Systemy kierowania*" (P. Sienkiewicz, 1989).

Na uwagę zasługują także podręczniki akademickie WAT takie, jak: „*Modelowanie matematyczne*" (A. Chojnacki, 1985), „*Logistyka*" (A. Chojnacki, 1978), „*Optymalizacja wielokryterialna*" (A. Ameljańczyk, 1980), „*Teoria gier i optymalizacja wektorowa*" (A. Ameljańczyk, 1980), „*Grafy, hipergrafy i sieci*" (B. Korzan, 1980), „*Metody symulacyjne badania systemów*" (E. Kołodziński, 1984). W latach 90 powstały ważne rozprawy habilitacyjne nt. modelowania konfliktowych sytuacji decyzyjnych (W. Miszalski, AON) oraz modeli i metod efektywnej gospodarki zasobami w lokalnych systemach komputerowych (T. Nowicki, WAT).

Obecnie w WAT i AON prowadzone są zaawansowane prace dotyczące modelowania symulacyjnego walki i projektowania komputerowych gier wojennych.

Na uwagę zasługują także prace w dziedzinie teorii konfliktów zbrojnych, modelowania systemu bezpieczeństwa narodowego, wielokryterialnej analizy porównawczej struktur organizacyjnych wojsk, metod oceny efektywności bojowej systemów uzbrojenia oraz metod oceny potencjałów ekonomiczno-obronnych i zastosowań symulacji komputerowej w analizach historycznych i analizach możliwych sytuacji konfliktowych w Europie. Badania te odpowiadają światowym tendencjom rozwojowym w dziedzinie metodologicznych podstaw badań systemowych i operacyjnych oraz ich praktycznym – społeczno-ekonomicznym, technicznym i wojskowym – zastosowaniom.

Rozwój naukowej współpracy oraz upowszechnienie zastosowań systemów komputerowych stworzyło podstawy dla nowego okresu „zaawansowanych" badań systemowych i operacyjnych w wojsku polskim. Symulacja komputerowa stała się podstawowym narzędziem analiz taktyczno-operacyjnych i strategiczno-obronnych. Wśród środków szkolenia kadr dowódczo-sztabowych znalazły się komputerowe gry wojenne. Coraz częściej sięga się do technik sztucznej inteligencji: inżynierii wiedzy i systemów ekspertowych. W dziedzinie matematycznego modelowania walki zwracają uwagę próby rozwoju klasycznych (liniowych) modeli Lanchestera ku modelom nieliniowym, odwzorowującym oprócz procesów rażenia (niszczenia) także procesy logistyczne oraz procesy dowodzenia łączności i rozpoznania (C3I).

Obecnie prowadzone prace są swoistą kontynuacją prac w dziedzinie badań operacyjnych i systemowych, zapoczątkowanych na początku lat 60.

4. METODY OPTYMALIZACJI

4.1. Programowanie liniowe

Ogólna postać zadania programowania liniowego ma postać:

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

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i; \quad i = 1, \ldots, m$$

$$x_j \geq 0; \quad j = 1, \ldots, n$$

lub w zapisie macierzowym

$$\max f(x) = cx$$

$$A_x \leq b$$

$$x \geq 0$$

gdzie: A_x – macierz $m \times n$

b – wektor kolumnowy $m \times 1$

c – wektor wierszowy $1 \times n$

Dla sformułowanego wyżej zadania zwanego **pierwotnym** można sformułować zadanie dualne

$$\min \varphi(y) = \sum_{i=1}^{m} b_i y_i$$

przy ograniczeniach

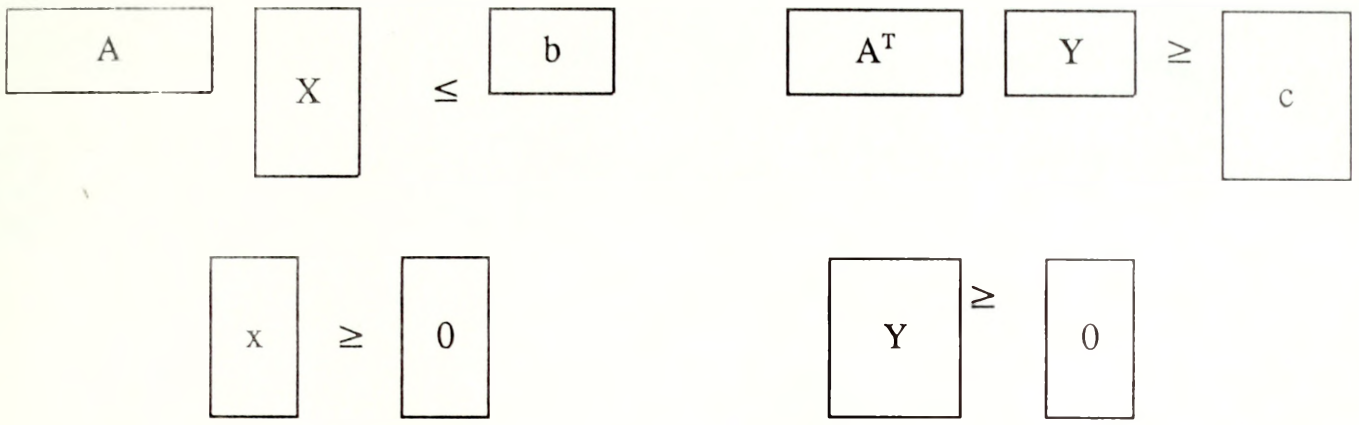
$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij} y_i \geq c_j; \quad j = 1, \ldots, n$$

$$y_i \geq 0; \quad i = 1, \ldots, m$$

Postać macierzowa ($m < n$):

$f =$ c^T x $\varphi =$ b^T y

przy ograniczeniach



Optymalne rozwiązanie jednego z tych zadań zawiera informacje o rozwiązaniu drugiego, przy czym nie jest istotne, które z zadań rozwiążemy pierwotnym, a które dualnym.

Podstawową metodą rozwiązywania zadań programowania liniowego jest algorytm **simplex**.

Przykłady:

(1) **Programowanie asortymentu produkcji:**

należy ułożyć taki asortyment produkcji, aby przychód z produkcji był maksymalny przy zachowaniu warunków ograniczających (bilansowych, wynikających z norm technicznych i limitów), czyli

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

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i; \quad i = 1,\ldots,n;$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1,\ldots,m.$$

gdzie: x_j – ilość produkcji j-tego asortymentu,

b_i – limit i-tego środka produkcji,

a_{ij} – zużycie i-tego środka przy produkcji jednostki j-tego asortymentu,

c_j – jednostkowy dochód z produkcji j-tego asortymentu.

(2) **Zadanie transportowe:**

m produktów pewnego towaru produkuje następujące ilości: $a_1, a_2, \ldots, a_m$; **n** odbiorców zaopotrzebuje dobra w ilości: $b_1, b_2, \ldots, b_n$. Znane są koszty jednostkowe transportu pomiędzy i-tym nadawcą i j-tym odbiorcą c_{ij}. Zadanie polega na takim ustaleniu połączeń i rozmiaru ładunku, aby łączne koszty transportu były najmniejsze, czyli

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

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i; \quad i = 1, \ldots, m$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j; \quad j = 1, \ldots, n$$

$$x_{ij} \geq 0$$

Uwaga: jako c_{ij} może występować również odległość, czas itp.

(3) **Zadanie diety (mieszanki):**

do sporządzenia posiłku przyjmujemy **j** ($j = 1, 2, \ldots, n$) produktów; znane są koszty jednostkowe zakupu j-tego produktu c_j oraz normy zawartości i-tego składnika w j-tym produkcie d_{ij} oraz limity składników wynikające z norm żywienia.

Należy ułożyć taką dietę z produktów, aby koszt żywienia był najmniejszy, a organizm otrzymał wszystkie potrzebne mu składniki, czyli

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

$$\sum_{j=1}^{n} d_{ij} x_j \leq b_i; \quad i = 1, \ldots, m;$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, \ldots, n.$$

(4) **Zadanie rozdziału zadań:**

dane jest **m** zakładów, które produkują x_{ij} j-tego produktu, koszt jednostkowy produkcji j-tego produktu w i-tym zakładzie wynosi k_{ij} a efektywność produkcji a_{ij}, limit zdolności produkcyjnej wynosi b_i. Należy dokonać takiego rozdziału produkcji pomiędzy zakłady, aby łączne koszty produkcji były najmniejsze, czyli

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} k_{ij}\, x_{ij}$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j \leq b_i; \quad i = 1,\ldots,m;$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad j = 1,\ldots,n.$$

(5) **Zadanie przydziału pracy:**

należy dokonać takiego przydziału **n** pracowników do **m** stanowisk pracy, aby łączny efekt ich pracy był maksymalny, przy czym znane są efektywności i-tego pracownika na j-tym stanowisku c_{ij}; każdy pracownik może zajmować tylko jedno stanowisko i na danym stanowisku może być tylko jeden pracownik, czyli

$$\max f(x) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} c_{ij}\, x_{ij}$$

przy ograniczeniach

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

$$x_{ij} \in \{0, 1\}.$$

4.2. Programowanie nieliniowe

Dane jest zadanie programowania matematycznego w postaci

$$\min \{ f(x) : \; x \in X \}$$

gdzie $X = \{ x \in R^n : g(x) \leq 0 \}$

$$g = [g_1, \ldots, g_m]^T : R^n \to R^m$$

$$f : R^n \to R$$

Zadanie to nazywamy:

- **nieliniowym**, jeśli co najmniej jedna z funkcji $f, g_1, \ldots, b_m$ jest nieliniowa;
- **wypukłym**, jeśli funkcja **f**jest wypukła i zbiór χ jest wypukły.

Funkcja $L : R^n \times R_+^m \to R$ taką że

$$L(x, \lambda) = f(x) + \lambda^T g(x) = f(x) + \sum_{i=1}^{m} \lambda_i g_i(x)$$

nazywamu funkcją Lagrange'a, a warunki

$$\begin{cases} L'_\lambda(x, \lambda) = g^T(x) \leq 0 \\ L'_x(x, \lambda) = f'(x) + \sum_{i=1}^{m} \lambda_i g'(x) = 0 \\ L'_\lambda(x, \lambda)\lambda = g^T(x)\lambda = 0 \\ \lambda \geq 0 \end{cases}$$

nazywamy warunkiem Kuhna – Tuckera – Lagrande'a.

- Parę $(x^*, \lambda^*) \in R^n \times R_+^m$ spełniającą warunek

$$\bigwedge_{x \in R^n} \bigwedge_{\lambda \in R_+^m} L(x^*, \lambda) \leq L(x^*, \lambda^*) \leq L(x, \lambda^*)$$

nazywamy **punktem siodłowym** funkcji Lagrange'a.

- Jeśli $(x^*, \lambda^*) \in R^n \times R_+^m$ jest punktem siodłowym funkcji Lagrange'a, to x^* jest rozwiązaniem optymalnym zadania programowania nieliniowego.

■ Zadaniem **dualnym** programowania nieliniowego nazywamy zadanie

$$\max\left\{L(x,\lambda) : L'_x(x,\lambda) = 0, \quad \lambda \geq 0\right\}$$

gdzie L jest dysfunkcją Lagrange'a, a zbiór

$$X_D = \left\{(x,\lambda) \in R^n \times R^m : L'_x(x,\lambda) = 0, \quad \lambda \geq 0\right\}$$

jest zbiorem rozwiązań dopuszczalnych zadania dualnego.

Metody programowania nieliniowego pozwalają na efektywne rozwiązanie zadań optymalizacji, gdy:

— funkcja celu jest nieliniową funkcją wypukłą (wklęsłą), a ograniczenia są funkcjami liniowymi,

— funkcja celu jest funkcją liniową, a ograniczenia są nieliniowymi funkcjami wypukłymi (wklęsłymi),

— funkcja celu oraz ograniczenia są funkcjami wypukłymi (wklęsłymi).

Wśród metod programowania nieliniowego na uwagę zasługują metody oparte na linearyzacji funkcji nieliniowych, metody gradientowe oraz metody programowania kwadratowego, a w szczególności: metoda aproksymacji funkcji nieliniowej za pomocą funkcji przedziałami liniowej, metoda oparta na gradiencie funkcji celu dla przypadku ograniczeń liniowych oraz algorytm Wolfe'a programowania kwadratowego.

4.3. Programowanie dynamiczne

Metoda służąca do rekurencyjnego rozwiązywania tzw. wielokrokowych procesów decyzyjnych, której twórcą jest R.Bellman.

Wielokrokowym procesem decyzyjnym nazywamy następujący problem:
pewien system charakteryzuje się wektorem $s \in R^m$, zwanym stanem systemu, który może się zmieniać w momentach $t = 1, \ldots, T$, zwanych krokami, przy czym zmiana stanu w każdym kroku wywołana jest przez podjęcie decyzji opisanej wektorem $x \in R^n$.

Przyjmuje się następujące założenia:

- stan systemu w każdym kroku zależy tylko od stanu systemu i decyzji podjętej w kroku poprzednim;
- $m, n, T < +\infty$;
- funkcja celu jest sumą funkcji celu z poszczególnych kroków;

należy wyznaczyć ciąg decyzji $\{x(t)\}_{t=1}^{T}$ maksymalizujący funkcję celu, czyli

$$\max f(s_1, x(1), \ldots, x(T)) = \sum_{t=1}^{T} f_t(x(t), s(t))$$

przy ograniczeniach

$s(t+1) = g_t(x(t), s(t))$

$s(1) = s_1$

$s(t) \in S(t)$

$x(t) \in X_t(s(t)), \quad t \in \{1, \ldots, T\}.$

Zasada optymalności Bellmana:
Optymalny ciąg decyzji ma tę własność, że niezależnie od początkowego stanu systemu i początkowej decyzji, pozostałe decyzje muszą stanowić ciąg optymalny ze względu na stan wynikający z pierwszej decyzji.

a) dla $s(T) \in R^m$

$$f(T, s(T)) = \sup\{f_T(x(T), s(T)) : x(T) \in X_T(s(T)), \; g_T(x(T), s(T)) \in S(T+1)\};$$

b) dla każdego $k = T-1, T-2, \ldots, 1$ oraz $s(k) \in R^m$,

$$f(k, s(k)) = \sup\{f_k(x(k), s(k)) + f(f(k+1, g_k(x(k), s(k))) : x(k) \in X_k(s(k)), g_k(x(k), s(k)) \in S(k+1)\},$$

funkcja dynamiki systemu w kroku t:

$$g_t : R^n \times R^m \to R^m, \quad t = 1, \ldots, T.$$

4.4. Programowanie stochastyczne

W drugiej połowie lat 50-tych pojawiły się zadania programowania matematycznego parametrycznego, w których następujący parametr jest zmienną losową:

$$\max_t E\, f(X,t)$$

$$g(X,t) \geq b(t)$$

gdzie: $X \in R^n$, f jest funkcją o wartościach z R^1, g, b – wektory funkcji o wartościach z R^m, t jest wektorową zmienną losową, niezależną od X o wartościach z R^n i dystrybuantą $F(t)$, symbolem $\underset{t}{E}$ oznacza się wartość oczekiwaną względem zmiennej losowej t.

Jeżeli funkcja celu zawiera parametr t, to przypadek gdy szukamy oczekiwanej minimalnej wartości liniowej funkcji celu sprowadza się do wyznaczenia minimalnej wartości oczekiwanej funkcji celu, czyli

$$\underset{t}{E} \min_x \{c(t)\,x \mid g(x,t) \geq b(t)\} =$$

$$= \min_x \{\underset{t}{E}\, c(t)\,x \mid g(x,T) \geq b(t)\}$$

Poprawne sformułowanie zadania zależy od znajomości dystrybuanty F oraz od tego, która z funkcji f, g, b, i jak zależą od parametru t, a ponadto należy uwzględnić:

— stopień zależności między zmiennymi losowymi, tj. składowymi wektora t,
— rozkład zmiennej losowej t (ciągły, dyskretny),
— teoretyczna czy empiryczna znajomość dystrybuanty,
— możliwość wprowadzenia górnego i dolnego oszacowania dla wartości zmiennych losowych.

Zadanie z ograniczeniami losowymi:

$$\min_x \underset{t}{E}\, f(x,t)$$

$$P\{g(x,t) \geq b(t)\} \geq \alpha$$

np. $P\{A_i x \geq b_i\} \geq \alpha_i, \quad i = 1, \ldots, m$

A_i – i-ty wiersz danej macierzy A

oraz np. b_i jest zmienną losową o znanym rozkładzie prawdopodobieństwa

$$F_i(t) = P\{ b_i \leq t \}$$

wtedy pojawia się nowe ograniczenie

$$\prod_i F_i(y_i) \geq \alpha$$

dla $Y_i = A_i x$ oraz $\forall_i$,

albo w postaci

$$\sum_i \ln F_i(y_i) \geq \ln \alpha .$$

Następnie rozpatrzmy zasadnicze modele ze względu na funkcję celu, przyjmując $f(x,t) = c(t) \cdot x$

E – model:

przy danych ograniczeniach należy podjąć decyzję x, minimalizującą oczekiwany koszt

$$\min_x \underset{t}{E} \{ c(t)\, x \} = \min_x \{ E\, c(t)\, x \}$$

V – model:

należy wyznaczyć decyzję **x**, by oczekiwana wartość kwadratowego odchylenia funkcji $c(t)\, x$ od zadanej wielkości f_0 była najmniejsza

$$\min_x \underset{t}{E} \{ c(t)\, x - f_0 \}^2$$

P – model:

maksymalizuje się prawdopodobieństwo tego, że funkcja $c(t)\, x$ nie przekroczy żadnej a'priori wartości k

$$\max_x P\{ c(t)\, x \leq k \}$$

W szczególności: rozwiązanie liniowego zadania programowania stochastycznego może być wyznaczone z równoważnego deterministycznego zadania programowania liniowego, w którym w funkcji celu występują odpowiednie wartości oczekiwane współczynników funkcji celu.

4.5. Programowanie dyskretne

Ogólne zadanie optymalizacji dyskretnej polega na wyznaczeniu minimum lub maksimum funkcji określonej na dyskretnym, tj. niespójnym zbiorze utworzonym z izolowanych punktów. Podstawową klasę zadań optymalizacji dyskretnej tworzą zadania, w których na wartości zmiennych nałożony jest warunek całkowitoliczbowości.

$$\text{extr}\left\{ f(x) \mid x \in X \subset D^n \right\}$$

D^n – zbiór wszystkich n-wymiarowych wektorów o składowych całkowitoliczbowych

f – funkcja rzeczywista określona na X

Najlepiej zbadaną klasą zadań optymalizacji dyskretnej stanowią zadania programowania całkowitoliczbowego liniowego (**PCL**).

PCL:

$$\max\left\{ f(x) = c\,x \mid A\,x \le b, \quad x \ge 0 \text{ i całkowity} \right\}$$

A – macierz o wymiarach $m \times n$

b – wektor m-wymiarowy

c – wektor n-wymiarowy

Bardzo ważnym przypadkiem szczególnym PCL jest zadanie programowania binarnego:

$$\max\left\{ f(x) = c\,x \mid A\,x \le b, \quad x \in \{0,1\} \right\}$$

Zadania optymalizacji dyskretnej obejmują kilka bardzo ważnych klas zadań praktycznych takich, jak:

- zadania z niepodzielnościami,

- zadania kombinatoryczne,
- zadania harmonogramowania,
- zadania rozdziału zadań i zasobów,
- zadania z nieciągłą (niejednorodną) funkcją celu,
- zadania przepływu w sieciach.

Zadania z niepodzielnościami

(1) Zadania wyznaczania optymalnego programu produkcji:

- niech w procesie produkcyjnym z **m** rodzajów zasobów wytwarza się **n** rodzajów wyrobów, przy czym,

a_{ij} – norma zużycia i-tego zasobu konieczna do wyprodukowania jednostki j-tego wyrobu,

b_i – zapas zasobu i-tego,

c_j – zysk z wyprodukowania jednostki j-tego wyrobu,

x_j – zmienna decyzyjna oznaczająca liczbę sztuk j-tego wyrobu, którą należy wyprodukować, aby

łączny zysk z produkcji był największy, czyli

$$\max_{x \in X} f(x) = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$$

$$X = \left\{ x : \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i, \quad x_j \geq 0 \text{ i całkowite}, \right.$$

$$\left. i = 1, 2, \ldots, m; \quad j = 1, 2, \ldots, n \right\}$$

(2) Zadanie o rozkroju (pocięciu, podziału) materiałów:

- do rozkroju (pocięcia, podziału przeznacza się **m** różnych materiałów, w ilościach a_1, a_2, ..., a_m jednostek, z których należy wytworzyć produkt finalny, na który składa się **p** różnych wyrobów w ilościach proporcjonalnych do liczb b_1, b_2, ..., b_p. Zakłada się, że każda jednostka i-tego materiału może być rozkrojona na **n** różnych sposobów tak, że przy wykorzystaniu j-tego sposobu otrzymamy a_{ijk} sztuk k-tego wyrobu. Należy wyznaczyć takie wartości całkowitoliczbowe zmiennych decyzyjnych: x_{ij} – liczba jednostek i-tego materiału rozkrojonego j-tym sposobem, które zapewnią wyprodukowanie maksymalnej liczby sztuk wyrobu finalnego, czyli

$$\max f(x) = x_{mn+1}$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} \leq a_i ; \quad i = 1, 2, \ldots, m$$

$$\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} a_{ijk} x_{ij} = b_k x_{mn+1} ; \quad k = 1, 2, \ldots, p ;$$

$x_{ij} \geq 0$ i całkowite; $i = 1,2,\ldots,m$; $j = 1,2,\ldots,n$;

$x_{mn+1} \geq 0$ i całkowite.

(3) **Zadanie załadunku:**

a) "**problem plecakowy**":

- dane jest **m** przedmiotów, a każdy o znanej objętości a_i i watości c_i; należy załadować plecak o znanej objętości **b** przedmiotami, których łączna wartość będzie maksymalna, czyli

$$\max_x f(x) = \sum_{i=1}^{m} c_i x_i$$

przy oganiczeniach

$$\sum_{i=1}^{m} a_i x_i \leq b , \quad i = 1, 2, \ldots, m ;$$

$$x_i = \begin{cases} 1 , & \text{jeżeli i-ty przedmiot zostaje załadowany,} \\ 0 , & \text{w przeciwnym przypadku} \end{cases}$$

b) "**problem pakowania**":

- danych jest **m** przedmiotów o objętościach a_i ($i = 1, 2, \ldots, m$) oraz nieskończona liczba pojemników, każdy o objętości **b**; należy w taki sposób zapakować przedmioty do pojemników, aby zminimalizować liczbę wykorzystanych pojemników; dla uproszczenia przyjmujemy, że znanych jest **n** sposobów upakowania pojemnika, które można opisać podając charakteryzujące je liczby a_{ij} ($i = 1, 2,\ldots, m; j = 1, 2, \ldots, n$), gdzie

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 , & \text{jeżeli i-ty przedmiot można zapakować, stosując j-ty sposób pakowania,} \\ 0 , & \text{w przeciwnym przypadku,} \end{cases}$$

problem można sformułować następująco

$$\max_{x} f(x) = \sum_{j=1}^{n} x_j$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j = 1; \quad i = 1, 2, \ldots, m$$

$$x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, 2, \ldots, n$$

(4) **Zadanie wyboru parku maszynowego:**

- projektowany zakład ma produkować **n** wyrobów w ilościach b_j ($j = 1, 2, \ldots, n$), za pomocą **m** typów urządzeń; znana jest wydajność $a_{ij} \geq 0$ każdego urządzenia i-tego typu ze względu na j-ty wyrób oraz koszt jednego urządzenia i-tego typu c_i; należy wybrać najtańszy zestaw urządzeń zapewniających wykonywanie planowanych zadań produkcyjnych, czyli

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^{m} c_i x_i$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = x_i; \quad i = 1, 2, \ldots, m$$

$$\sum_{i=1}^{m} a_{ij} x_{ij} \geq b_j; \quad j = 1, 2, \ldots, n$$

$x_{ij} \geq 0$ i całkowite, oznaczające liczbę urządzeń i-tego typu przeznaczonych do wytworzenia j-tego wyrobu.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA
Nr ewid.
Działu Zbiorów Jawnych Akademii

Zadania kombinatoryczne

(5) **Zadania przydziału:**

- należy przydzielić **n** pracowników do **n** stanowisk pracy, przy czym z każdym przydziałem i-tego pracownika do j-tego stanowiska związany jest koszt $c_{ij} \rangle 0$; należy wyznaczyć taki przydział pracowników do stanowisk, aby każdy pracownik był związany tylko z jednym stanowiskiem, każde stanowisko miało zapewnioną obsadę, a łączne koszty były minimalne, czyli

$$\min f(x) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_{ij}$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 ; \quad j = 1, 2, \ldots, n$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 ; \quad i = 1, 2, \ldots, n$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 , & \text{jeżeli i-ty pracownik jest przydzielony do j-tego stanowiska,} \\ 0 , & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

(6) **Zadanie komiwojażera:**

- dane jest $n + 1$ miejscowości, dane są odległości c_{ij} między i-tą a j-tą miejscowością; wyjeżdżając z miejscowości początkowej, komiwojażer powinien dokładnie jeden raz odwiedzić poszczególne miejscowości i wrócić do miejscowości początkowej (0); należy w takiej kolejności odwiedzać poszczególne miejscowości, aby długość całej przebytej drogi była minimalna, czyli

$$\min_{x} f(x) = \sum_{i=0}^{n} \sum_{j=0}^{n} c_{ij} x_{ij}$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{i=0}^{n} x_{ij} = 1; \quad j = 1, 2, \ldots, n$$

$$\sum_{j=0}^{n} x_{ij} = 1; \quad i = 1, 2, \ldots, n$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli komiwojażer przejeżdża z miejscowości i-tej do j-tej,} \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

$u_i - u_j - n\, x_{ij} \leq n - 1; \quad (1 \leq i \neq j \leq n)$

$u_i \in R; \quad i = 1, 2, \ldots, n$

gdzie u_i są dowolnymi liczbami rzeczywistymi.

(7) **Zadanie pokrycia (rozbicia) zbioru:**

- dany jest zbiór $J = \{ 1, \ldots, m \}$ i rodzina jego podzbiorów $P^J = \{ P_1, \ldots, P_n \}$, gdzie $P_j \subset J$, $j \in J = \{ 1, \ldots, n \}$.

Podzbiór $J^* \subset J$ nazywamy **pokryciem zbioru J, jeżeli**

$$\bigcup_{j \in J^*} P_j = J$$

jeżeli ponadto

$$\forall j, k \in J^*, \; j \neq k \Rightarrow P_j \cap P_k = \Phi$$

to podzbiór J^* nazywamy **rozbiciem zbioru J.**

Niech $c_j > 0$ będzie kosztem przyporządkowanym każdemu $j \in J$, zaś koszt pokrycia J^* wynosi $\sum_{j \in J^*} c_j$.

Zadanie pokrycia zbioru polega na znalezieniu pokrycia o minimalnym koszcie, czyli

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

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_{ij} \geq 1; \quad i = 1, 2, \ldots, m$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli j należy do pokrycia,} \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli } i \in P_j, \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

Zadanie rozbicia zbioru otrzymuje się wprowadzając warunek

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} = 1; \quad i = 1, 2, \ldots, m$$

(8) **Zadanie optymalizacji na grafach:**

- niech (V, E) oznacza **graf** (nieskierowany), gdzie $V = \{ 1, \ldots, m \}$ jest zbiorem **wierzchłków** grafu, a zbiór $E \subset S = \{(i, k): i \in V, k \in V\}$ nieuporządkowanych par (i, k) elementów zbioru **V** – zbiorem **krawędzi** grafu. Jeżeli E jest zbiorem par uporządkowanych (i, k) wówczas mówimy o grafie skierowanym, a elementy zbioru **E** nazywamy **łukami**. O danej krawędzi $e_j = (i, k)$ będziemy mówić, że jest ona incydentalna z wierzchołkami **i** oraz **k**, a o wierzchołkach tych, że są one incydentalne z krawędzią **j**. Relację incydencji można przedstawić za pomocą macierzy incydencji $A = [a_{ij}]$, $i = 1, \ldots, |V|$, $j = 1, \ldots, |E|$, której elementy zdefiniowane są następująco
  — dla nieskierowanego grafu

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli krawędź j oraz wierzchołek i są incydentalne,} \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

— **dla grafu skierowanego:**

$$a_{ij} = \begin{cases} -1, & \text{jeżeli } e_j = (k, i),\ k \neq i, \\ 1, & \text{jeżeli } e_j = (i, k),\ k \neq i, \\ 0, & \text{w pozostałych przypadkach.} \end{cases}$$

Dwie krawędzie grafu nieskierowanego nazywamy sąsiednimi, jeżeli są one incydentalne z tym samym wierzchołkiem grafu. Ciąg niejednakowych krawędzi łuków $(e_{j_1}, e_{j_2}, \ldots, e_{j_p})$ nosi nazwę **drogi**, jeżeli jest wyznaczony przez ciąg wierzchołków $(i_0, \ldots, i_p)$ oraz $e_{j_p} = (i_0, i_1), \ldots, e_{j_p} = (i_{p-1}, i_p)$. Droga, która zaczyna się i kończy w tym samym wierzchołku, nosi nazwę **cyklu**. Graf nieskierowany nosi nazwę **spójnego**, jeżeli dla wszystkich $i,j \in V$, $i \neq j$, istnieje przynajmniej jedna droga łącząca wierzchołki **i** oraz **j**. Graf nieskierowany, który jest spójny i nie zawiera cykli, nosi nazwę **drzewa**. Można wykazać, że jeżeli **(V,E)** jest drzewem, to $|E| = |V| - 1$.

Dla danego grafu **(V,E)** i podzbioru $M \subset E$ zdefiniujemy **stopień** $d_M(i)$ wierzchołka i względem podzbioru **M** następująco:

$d_m(i) \overset{df}{=}$ liczba krawędzi należących do **M** i incydentalnych z wierzchołkami **i**.

Podzbiór $M \subset E$ nazywamy **skojarzeniem** grafu **(V,E)**, jeżeli $d_M(i) \leq 1$ dla każdego $i \in V$. **Pokryciem** grafu **(V,E)** nazywamy podzbiór krawędzi **C** taki, że $d_c(i) \geq 1$ dla wszystkich $i \in V$.

a) **Zadanie maksymalnego skojarzenia i minimalnego pokrycia grafu:**

Skojarzenie M^* nazywamy skojarzeniem maksymalnym, jeśli

$$|M^*| = \max \{ |M| ;\ M \text{ jest skojarzeniem} \},$$

czyli podzbiór **M** złożony z maksymalnej liczby jego krawędzi, z których żadne dwie nie mają wspólnego wierzchołka. Niech x_j, $j = 1, \ldots, n = |E|$, oznacza zmienną binarną taką, że

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{jeżeli krawędź } e_j \text{ należy do skojarzenia } M, \\ 0, & \text{w przeciwnym przypadku.} \end{cases}$$

Wtedy zadanie można sformułować następująco:

$$\max f(x) = \sum_{j=1}^{n} x_j$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq 1; \quad i = 1 \ldots, n$$

$[a_{ij}]$ $(i = 1, \ldots, m; \; j = 1, \ldots, n)$ jest macierzą incydencji wierzchołków i krawędzi grafu.

Pokrycie C^*

nazywamy pokryciem minimalnym, jeśli

$$| C^* | = \min \{ | C | ; \; C \text{ jest pokryciem} \}$$

czyli podzbiór C^* złożony z minimalnej liczby krawędzi, które łącznie obejmują wszystkie wierzchołki grafu.

Wtedy zadanie można sformułować następująco:

$$\max f(x) = \sum_{j=1}^{n} x_j$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \geq 1; \quad i = 1 \ldots, m$$

$$x_j \in \{0, 1\}; \quad j = 1, \ldots, n.$$

Uwaga: jeżeli C^* jest pokryciem minimalnym oraz dla każdego wierzchołka i, dla którego $d_C(i) > 1$, usuwamy $d_C(i) - 1$ krawędzi incydentalnych z nim, to zbiór M^* pozostałych krawędzi jest skojarzeniem maksymalnym.

Zadania harmonogramowania

- Zadania harmonogramowania polegają na rozdziale w czasie dyskretnych (niepodzielnych w sposób ciągły) i niezużywających się z czasem zasobów (przeważnie jednego typu) pomiędzy uporządkowany ciąg zadań, które należy wykonać w ciągu pewnego okresu planowania; obejmują np. harmonogramy rozkładów zajęć, harmonogramy rozkładów jazdy, szeregowanie zadań w systemach komputerowych itp. w zadaniach tych jako kryterium optymalności najczęściej przyjmuje się monimum czasu wykonywania zadań produkcyjnych,
  - — minimum maksymalnego opóźnienia od zadanych terminów wykonywania zadań,
  - — minimum bezpośrednich kosztów produkcji i magazynowania itp.

Zadania rozdziału zadań i zasobów

- są zadaniami ogólniejszymi od zadań harmonogramowania; wyróżnia się zadania: niezależne i zależne (częściowo uporządkowane), niepodzielne i podzielne (przerywane), oraz o zasobach: dyskretnych (podzielnych w sposób nieciągły) i ciągłe (podzielne w sposób ciągły), niezużywające się (odnawialne) i zużywające z czasem itp.

  Do klasycznych zadań należą:
  - — zadanie obciążenia maszyn w systemie produkcyjnym (rozdziału niezależnych zadań produkcyjnych pomiędzy maszyny);
  - — zadanie rozdziału zasobów pomiędzy zależne operacje niepodzielne (model Bowmana i model Pritskera).

Zadania z nieciągłą funkcją celu

- Do często spotykanych zadań należą takie, w których koszt operacji jest nieliniową funkcją jego rozmiaru, np. tzw. zadanie ze stałą dopłatą, czyli

$$f_j(x_j) = \begin{cases} d_j + c_j x_j, & 0 < x_j \leq a_j \\ 0, & x_j = 0 \end{cases}$$

a zakładając, że $d_j \rangle 0$, wprowadza się binarne zmienne $y_j \in \{ 0, 1 \}$. zaś funkcję $f_j(x_j)$ można przedstawić w postaci

(10) **Zadanie transportowe**

- w zadaniu tym: $V_2 = \varnothing$, $V'(i) = \varnothing$ dla $i \in V_1$ oraz $V(i) = \varnothing$ dla $i \in V_3$; należy

$$\min \sum_{i \in V_1} \sum_{j \in V(i)} c_{ij} x_{ij}$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j \in V(i)} x_{ij} \leq a_i; \quad i \in V_1$$

$$\sum_{j \in V(i)} x_{ij} \geq b_i; \quad i \in V_3$$

$$0 \leq x_{ij} \leq d_{ij}; \quad \forall (i,j) \in E$$

(11) **Zadanie maksymalnego przepływu:**

- dane są $V_1 = \{1\}$, V_3 , $V_3 = \{m\}$, $V'(1) = \Phi$, $V(m) = \Phi$, $a_1 = \%$, $b_m = 0$; zadanie polega na maksymalizacji przepływu w wierzchołkach m, czyli

$$\max f(x) = \sum_{i \in V'(m)} x_{im}$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j \in V(i)} x_{ij} - \sum_{j \in V'(i)} x_{ji} = 0 \quad i \in V_2 = \{2, \ldots, m-1\}$$

$$0 \leq x_{ij} \leq d_{ij} \quad \text{dla} \quad (i,j) \in E$$

(12) **Zadanie najkrótszej drogi:**

- dane są c_{ij} – długości łuku (i,j), a długość drogi jest sumą długości łuków wchodzących w jej skład, przy czym zakłada się, że $V_1 = \{1\}$, $V_3 = \{m\}$, $a_1 = 1$, $b_m = 1$; należy znaleźć drogę z wierzchołka 1 do m, o najmniejszej długości, czyli

$$\min f(x) = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V(i)} c_{ij} x_{ij}$$

przy ograniczeniach

$$\sum_{j \in v(i)} x_{ij} - \sum_{j \in V'(i)} x_{ji} = \begin{cases} 1 & \text{dla } i = 1 \\ -1 & \text{dla } i = m \\ 0 & \text{dla pozostałych } i \end{cases}$$

$x_{ij} \geq 0$ dla $(i,j) \in E$

5. Optymalizacja wielokryterialna

- W przypadku równorzędnego traktowania **q** celów (**q** $\rangle$ 1) dążenie decydenta do osiągnięcia maksymalnych poziomów realizacji wszystkich celów implikuje, że z dwóch wektorów realizacji tych celów decydent woli ten, w którym poziom realizacji każdego celu jest nie niższy, a przynajmniej jednego z nich wyższy. Wtedy mówimy, że preferencje decydenta są określone przez tzw. relacje dominacji, która pozwala wyróżnić w zbiorze rozwiązań dwa rodzaje punktów ekstremalnych (jeśli istnieją):
  - — punkty, które dominują każdy inny punkt zbioru,
  - — punkty, których nie dominuje żaden punkt zbioru.

Zadanie wielokryterialnego programowania matematycznego nazywamy zadanie, w którym

- dane są:
  - (a) odwzorowanie $\mathbf{F}: \mathbf{R}^n \to \mathbf{R}^q$, $\mathbf{q} \rangle 1$, określone przez **q** znanych funkcji $f_k : \mathbf{R}^n \to \mathbf{R}$, $k = 1, \ldots, q$, czyli
  $$\mathbf{F(x)} = [\, \mathbf{f_1(x)}, \ldots, \mathbf{f_q(x)} \,]^T$$
  - (b) relacja dominacji $\geq$ w $\mathbf{R}^q$
  - (c) zbiór $\mathbf{X} = \{ \mathbf{x} \in \mathbf{R}^n : \mathbf{g_i(x)} \leq \mathbf{0}$ dla $i = 1, \ldots, m_1$, $\mathbf{g_i(x)} = \mathbf{0}$, dla $i = m_1+1, \ldots, m \}$

  gdzie znane są funkcje $g_i : \mathbf{R}^n \to \mathbf{R}$, $i = 1, \ldots, m$.
- należy wyznaczyć zbiór
$$\mathbf{X_s} = \left\{ \bar{\mathbf{x}} \in \mathbf{X} : \sim \bigvee_{\mathbf{x} \in \mathbf{X}} \mathbf{F(x)} \geq \mathbf{F}(\bar{\mathbf{x}}) \right\}$$
tzn. zbiór takich $\bar{\mathbf{x}} \in \mathbf{X}$, dla których $\bar{\mathbf{y}} = \mathbf{F}(\bar{\mathbf{x}})$ jest punktem niezdominowanym zbioru
$$\mathbf{Y} = \mathbf{F(X)}.$$
- wektor $\bar{\mathbf{x}} \in \mathbf{X_s}$ nazywany jest rozwiązaniem Pareto-optymalnym zadania wielokryterialnego.

Do podstawowych grup metod optymalizacji wielokryterialnej należą:

a) metody wykorzystujące możliwość zastąpienia poszczególnych funkcji celu przez jedną funkcję (np. funkcję użyteczności);
b) metody wykorzystujące ideę współdziałającego programowania matematycznego;
c) metody zakładające równorzędność wszystkich funkcji celu;
d) metody wykorzystujące ideę dialogowego programowania matematycznego.

6. Zakończenie

Opracowanie poświęcone badaniom operacyjnym przygotowano z myślą opotrzebach doktorantów AON. Spowodowało to, że uwagę przesunięto ze spraw ogólnych, czemu poświęca się większość podobnych opracowań, na zagadnienia metod rozwiązywania zadań decyzyjnych. Chodzi przede wszystkim o umiejętność formułowania problemów w kategoriach matematycznego modelu decyzyjnego, a w szczególności zadania optymalizacji.

Na pierwszych stronach opracowania podjęto natomiast próbę zwięzłego podsumowania dorobku w dziedzinie militarnych zastosowań badań operacyjnych w WP*. Do tego w zasadzie ograniczono wątki historyczne - ewolucję badań operacyjnych i systemowych, zagadnienia same w sobie wielce interesujące.

Od czasów pierwszej publikacji W.F. Lanchestera z 1916 r. prezentującej matematyczne modele walki, poprzez prace pierwszej grupy badań operacyjnych powołany przez RAF w 1935 r. oraz prace słynnego "cyrku Blacketta" podczas II wojny światowej, uwieńczone słynnym podsumowaniem wkładu nauki do zwycięstwa aliantów W. Churchilla ("Radar, sonar i badania operacyjne"), a następnie działalność amerykańskiego RAND Corporation i brytyjskiego DOAC, do obecnych prac wielu cywilnych i wojskowych ośrodków naukowych na całym świecie upłynęło sporo czasu. Zmieniło się bardzo wiele - powstały nowe metody i techniki badania operacji, ale nadal bardzo wiele problemów decyzyjnych oczekuje na wsparcie ze strony nowoczesnych metod naukowych, wśród których nadal poczesne miejsce zajmują badania operacyjne.

---

* Wykorzystano tekst referatu autora pt. "Military Operations Research In Poland" przygotowanego na Kongres IFORS w Bostonie.

II. WPROWADZENIE DO KOMPUTEROWYCH GIER WOJENNYCH

WSTĘP

Współczesne systemy walki należą do systemów wielce złożonych. Obejmują one związki operacyjne, taktyczne, oddziały i pododdziały różnych rodzajów sił zbrojnych, wojsk i służb o różnym składzie i przeznaczeniu. W systemach powyższych mamy do czynienia z dużą liczbą różnorodnych obiektów (elementów), a także z różną formą i zakresem współdziałania i powiązań między nimi. Są to systemy, w których występują, we wzajemnym powiązaniu, złożone układy techniczne i zespoły ludzkie, a na ich funkcjonowanie wywierają wpływ czynniki zarówno zewnętrzne (nieprzyjaciel, sąsiedzi, siły i środki wsparcia oraz wzmocnienia, nadrzędne systemy walki – działań bojowych, warunki terenowo-pogodowe) jak i wewnętrzne (ilość i jakość uzbrojenia, stan moralno-polityczny, poziom wyszkolenia bojowego, sprawność systemów dowodzenia, rozpoznania i zaopatrywania itp.).

Systemy walki (działań bojowych) należą do takiej klasy systemów działania, które ulegają wyjątkowo częstym, a niekiedy także gwałtownym zmianom. Wprowadzanie bowiem na uzbrojenie wojsk zarówno jakościowo nowych środków walki jak i doskonalenie już wykorzystywanych, a także stosowanie nowoczesnych metod i technicznych środków dowodzenia (zautomatyzowane systemy dowodzenia, kierowania ogniem), wywołuje istotne zmiany w ich strukturze organizacyjnej i technicznej oraz w zasadach prowadzenia walki i operacji, sposobach użycia i współdziałania różnych rodzajów wojsk, służb i środków walki. Dla współczesnych systemów walki charakterystyczne jest również to, że zarówno warunki jak i przyszłe pole walki (szeroko rozumiane otoczenie), w jakich mogą one być wykorzystywane, ulegają także istotnym zmianom. Wyrazem tych zmian jest z jednej strony postępująca urbanizacja przyszłych teatrów działań wojennych, z drugiej zaś taki zakres prac i przedsięwzięć wykonywanych w ramach operacyjnego ich przygotowania, który nigdy nie miał miejsca w przeszłości. Dlatego też biorąc powyższe pod uwagę należy stwierdzić, że utrzymanie systemów walki w stanie gotowości bojowej adekwatnym do stopnia zagrożenia potencjalnego nieprzyjaciela i szeroko rozumianych warunków i zmian zachodzących we współczesnym polu walki, jest ciągle naczelnym zadaniem wszystkich ogniw kierowania i dowodzenia sił zbrojnych.

Utrzymanie systemów walki w wysokim stanie gotowości bojowej stwarza potrzebę ciągłego ich doskonalenia oraz prowadzenia wszechstronnych badań w celu zarówno poznania

możliwych sposobów ich funkcjonowania jak i wszystkich istotnych warunków i czynników wpływających na przebieg i skuteczność działań bojowych. Celem prowadzonych badań jest także wypracowanie metod oceny efektywności systemów walki, a w szczególności ich struktury organizacyjnej, technicznej, ugrupowania bojowego, funkcjonalnej, informacyjnej, decyzyjnej i zadaniowej oraz metod prognozowania przebiegu działań bojowych, a także wspomagających proces podejmowania decyzji w kierunku jego optymalizacji, co w konsekwencji umożliwi poznanie praw wojny i walki zbrojonej oraz formułowanie zasad sztuki wojennej, dowodzenia i użycia sił oraz środków walki. Badania systemów walki prowadzone są ponadto w celu formułowania nowych założeń teoretycznych w systemie nauki wojskowej oraz weryfikowania już istniejących.

Badania systemów działania prowadzone mogą być zarówno na systemie rzeczywistym, jak i w oparciu o jego model. W przypadku jednak systemów walki (działań bojowych) – ze względu na ich specyfikę – badania prowadzone na systemie rzeczywistym będą praktycznie niemożliwe, a jeżeli możliwość taka zaistnieje to będą one miały ograniczony i fragmentaryczny charakter. W warunkach pokojowych bowiem nie istnieje możliwość niejako "uruchomienia" systemu walki (przeprowadzenia rzeczywistych działań bojowych) z zachowaniem pełnych realiów współczesnego pola walki. Przyczyną takiego stanu rzeczy są przede wszystkim względy natury humanitarnej oraz ograniczenia o charakterze ekonomiczno-terytorialnym. Jest rzeczą oczywistą, że brak możliwości przeprowadzenia badań na systemie rzeczywistym znacznie komplikuje analizę procesów walki i rozwiązanie problemów związanych z oceną efektywności i prognozowaniem przebiegu działań bojowych. Jedynym bowiem w tej sytuacji źródłem informacji o zjawiskach i procesach pola walki są doświadczenia minionych i współczesnych wojen lokalnych oraz doświadczenia poligonowe, a przede wszystkim ćwiczenia i gry wojenne rozumiane jako określony rodzaj modeli systemów walki (działań bojowych).

Ćwiczenia i gry wojenne stanowią współcześnie integralny element funkcjonowania sił zbrojnych, spełniając doniosłą rolę w systemie nauki wojennej i praktycznej działalności dowództw i sztabów. Na przestrzeni wieków gry wojenne (terminu tego używano powszechnie do określania zarówno różnego rodzaju ćwiczeń jak i gier współcześnie rozumianych) przeszły głęboką ewolucję, od gier najprostszych stanowiących stoistego rodzaju formę "wojennej zabawy", poprzez różnego rodzaju odmiany wojennych szachów i gier sztywnych, do gier swobodnych, tzn. takich, które w szerszym zakresie umożliwiały

odwzorowanie elementów, zjawisk i procesów pola walki. Szczególnie intensywny rozwój gier wojennych odnotowujemy na przestrzeni ostatnich stuleci. W wykorzystywanych wówczas grach wojennych odwzorowywano wszystkie rodzaje sił zbrojnych i wojsk oraz wszystkie rodzaje i formy działań bojowych, a często także uwzględniano w nich w szerokim zakresie problemy o charakterze politycznym. Stosowane wtedy gry wojenne przeznaczone były głównie do wypracowywania zamiarów i koncepcji przyszłych bitew i operacji oraz do oceny skutków przewidywanych działań bojowych. W miarę jednak postępującej złożoności systemów walki i warunków prowadzenia działań bojowych, gry wojenne coraz częściej nie odpowiadały potrzebom nauk wojskowych i praktycznej działalności dowództw i sztabów. Taki stan rzeczy spowodowany był głównie w wyniku pojawiających się barier metodologicznych i brakiem umiejętności praktycznych w zakresie opracowywania gier wojennych, a w szczególności odwzorowywania zjawisk, elementów i procesów pola walki, adekwatnych do stopnia złożoności współczesnych systemów działań bojowych. Przyjmowane bowiem w procesie opracowywania gier założenia miały bardzo często charakter subiektywny i były głównie wynikiem logicznego myślenia, intuicji i nagromadzonego doświadczenia, co przy wzrastającej złożoności systemów walki i braku możliwości stosowania metod precyzyjnych np. metod matematycznych, nie zawsze zapewniało pożądaną użyteczność opracowanej gry. Podkreślić należy również, że opracowywane wówczas gry wojenne były w zasadzie jednorazowego użytku. Powtórnie bowiem gra mogła być wykorzystana przede wszystkim do zrekonstruowania (odtworzenia), czy też uzupełnienia uprzednio rozwiązanych problemów. Czas trwania opracowywanych wówczas gier wojennych, głównie tych o charakterze naukowo-badawczym, a w szczególności czas odwzorowania (zasymulowania) wybranych etapów (faz, epizodów) działań bojowych był bardzo długi, co nie było bez wpływu na użyteczność gry. Sytuacja taka w zakresie opracowywania i wykorzystania gier wojennych istniała do II wojny światowej. Dopiero bowiem wówczas, w wyniku coraz szerszego wykorzystania innych dyscyplin nauki, a w szczególności matematyki, psychologii, socjologii oraz rodzącej się wówczas cybernetyki, zarówno do odwzorowania działań bojowych jak i wspomagania procesu podejmowania decyzji, gry wojenne nabierały w coraz większym stopniu charakteru precyzyjnego narzędzia naukowo-badawczego i dydaktycznego oraz praktycznego narzędzia doskonalenia kadr dowódczo-sztabowych. Szczególnie istotny wpływ na taki charakter przeobrażenia gier wojennych miało wykorzystanie matematyki, a w szczególności modelowania matematycznego, rozwijanych głównie na gruncie teorii

operacji.

Metody modelowania matematycznego, w odniesieniu zarówno do działań strategicznych, operacyjnych i taktycznych jak i bojowego wykorzystania elementarnych środków walki, wykorzystywane są powszechnie w większości liczących się współcześnie armii świata. Korzyści wynikające ze stosowania metod modelowania matematycznego są dzisiaj oczywiste i powszechnie akceptowane. Wpływają one bowiem na zwiększenie efektywności kierowania, zarządzania i dowodzenia złożonymi systemami wojskowymi oraz realizowanych programów badawczych. Wykorzystanie metod modelowania matematycznego wywołało ponadto istotne zmiany w świadomości decydentów wielu ogniw funkcjonowania sił zbrojnych. Wyrazem tych zmian jest powszechne dążenie do stosowania precyzyjnych metod opisu, analizy i oceny systemów wojskowych.

W miarę jednak postępującej ciągle złożoności systemów wojskowych, opracowywane modele matematyczne traciły często swój użytkowy charakter. Przyjmowane bowiem w nich uproszczenia, ograniczenia i założenia powodowały to, że uzyskiwane w wyniku ich rozwiązania rezultaty nie odpowiadały warunkom funkcjonowania systemu przedmiotowego (rzeczywistego lub hipotycznego). Jeżeli natomiast opracowano model matematyczny spełniający te wymagania, to znaczy taki, w ramach którego ujęto w postaci formalnych reguł i zależności taki obszar zjawisk i procesów, który w przekonaniu projektantów odpowiada złożoności modelowanego systemu, to jednak często ze względu na bardzo pracochłonne przygotowania danych wejściowych i zbyt długi czas oczekiwania na wyniki modelowania, użyteczność jego miała zwykle ograniczony charakter.

Wydarzeniem, które w sposób istotny wpłynęło na wzrost użyteczności matematycznych modeli walki wykorzystywanych zarówno w ramach gier wojennych, jak i w sposób autonomiczny, było pojawienie się techniki komputerowej. W wyniku bowiem zastosowania komputerów możliwe stało się projektowanie i wykorzystanie modeli matematycznych w coraz większym stopniu adekwatnych do wzrastającej złożoności współczesnego pola walki. Wykorzystanie komputerów wpłynęło ponadto na znaczne skrócenie czasu oczekiwania na wyniki modelowania, co w większości przypadków decyduje o praktycznej użyteczności modelu. Dzięki wykorzystaniu komputerów, gry wojenne w szerszym zakresie zaczęły nabierać charakteru gier komputerowo wspomaganych i w coraz większym stopniu odpowiadać potrzebom praktyki i nauki wojskowej. Współcześnie w większości ćwiczeń i gier wojennych wykorzystuje się komputerowo realizowane

matematyczne modele walki przeznaczone dla różnych rodzajów wojsk i różnych szczebli dowodzenia.

Wykorzystanie techniki komputerowej wpłynęło w sposób zasadniczy na wzrost efektywności procesu projektowania, jak i na zwiększenie użyteczności matematycznych modeli walki. Nie zlikwidowało jednak ciągle istniejących barier i trudności mających najczęściej charakter metodologiczny, a wiązanych głównie z brakiem teorii i metod umożliwiających poprawne odwzorowanie w modelu takiego obszaru zjawisk i procesów pola walki, które ze względu na wysoki stopień złożoności trudno poddają się procesowi matematycznej formalizacji, a odwzorowanie których stanowi na obecnym etapie rozwoju systemów wojskowych wymóg efektywnej działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i szkoleniowej wojsk. Taki stan rzeczy charkterystyczny był również dla problematyki projektowania i wykorzystania matematycznych modeli złożonych systemów działania o charakterze niemilitarnym. W tej sytuacji główny wysiłek wielu ośrodków naukowo-badawczych skierowany został na wypracowanie takich metod badania złożonych systemów działania, które likwidowałyby w znacznym stopniu wspomniane luki metodologiczne i odpowiadały potrzebom nauki i praktyki. Metody te znalazły swój syntetyczny wyraz w takich nowo powstałych dyscyplinach, jak teoria systemów, analiza systemowa, a w szczególności symulacja komputerowa. Podkreślić jednak należy, że nie stanowią one metod alternatywnych w stosunku do metod modelowania matematycznego, a są przede wszystkim ich uzupełnieniem oraz nowoczesnym i twórczym rozwinięciem ukierunkowanym na wykorzystanie możliwości techniki komputerowej.

Współcześnie analiza systemowa jako swoistego rodzaju "filozofia" badania złożonych systemów działania jest powszechnie stosowana.

Obok analizy systemowej szczególne znaczenie dla praktyki i nauki wojskowej w ogóle, a problematyki projektowania modeli złożonych systemów walki w szczególności ma także symulacja komputerowa, powstanie której wywołało jakościowo nowe zmiany zarówno w podejściu do problemów projektowania jak i w samym procesie projektowania modeli złożonych systemów walki.

Symulacja komputerowa, jako metoda badania złożonych systemów działania, różni się w sposób istotny od metod nazwijmy to modelowania matematycznego. Istotą jej jest odwzorowanie zdarzeń (procesu zmiany stanów) mających miejsce w badanym systemie, a nie dążenie do ujęcia w postaci matematycznych zależności zachodzących w systemie zjawisk

i procesów, co w przypadku systemów złożonych jest najczęściej niemożliwe. Modele symulacyjne mają ze swej istoty charakter dynamiczny. Dostarczają takich informacji o systemie przedmiotowym, których najczęściej nie można uzyskać z modeli matematycznych. Pozwalają na bieżąco śledzić sposób funkcjonowania systemu w szerokim zakresie zmian warunków i parametrów go opisujących. Cecha ta nabiera szczególnego znaczenia dla złożonych systemów walki. Przed podjęciem bowiem decyzji o rodzaju i sposobie planowanych do wykonania w systemie zadań bojowych czy też decyzji o strukturze organizacyjnej, technicznej, ugrupowania bojowego itp., istnieje możliwość poprzez wykorzystanie symulacyjnego modelu systemu, prześledzenia (zasymulowania) sposobu jego funkcjonowania dla różnych wariantów decyzji, a w konsekwencji wybór wariantu najlepszego.

Symulacja komputerowa jest metodą, która znajduje współcześnie szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach praktycznej działalności człowieka. O znaczeniu, jakie przywiązuje się zarówno do jej rozwoju i doskonalenia oraz praktycznego wykorzystania świadczyć może fakt powołania wielu międzynarodowych i krajowych ośrodków badań symulacyjnych, jak również to, że większość złożonych problemów współczesności, takich jak programy kosmiczne, sieci komputerowe, globalne modele rozwoju, ekologiczne zagrożenia ludzkości, rozwiązywane były z wykorzystaniem modeli symulacyjnych.

Symulacja komputerowa znajduje również szerokie zastosowanie do rozwiązywania złożonych problemów wojskowych. Dotychczasowe doświadczenia z wykorzystania modeli symulacyjnych potwierdziły wysoką ich przydatność do celów dydaktycznych i szkoleniowych oraz do rozwiązywania złożonych problemów naukowo-badawczych.

Wiele uwagi wykorzystaniu symulacji komputerowej do rozwiązywania złożonych problemów funkcjonowania sił zbrojnych przywiązuje kierownictwo MON. Wyrazem tego są między innymi, zalecenia formułowane w rozkazach szkoleniowych ministra obrony narodowej, a nakazujące między innymi "w większym niż dotychczas stopniu wykorzystanie symulacji komputerowej w celu zwiększenia efektywności dowodzenia wojskami".

Powstanie i rozwój symulacji komputerowej wywarł istotny wpływ zarówno na ilościowy jak i jakościowy rozwój gier wojennych. Wykorzystując bowiem możliwości, jakie stwarza symulacja komputerowa zaczęto opracowywać gry wojenne, przedmiotem których są takie zjawiska i procesy pola walki (obszary funkcjonowania systemów walki), których -- ze względu na ich złożony charakter – nie istniała możliwość precyzyjnego odwzorowania

zarówno poprzez wykorzystanie zespołów odgrywających, jak i metod modelowania matematycznego. W wyniku wykorzystania w grach wojennych symulacyjnych modeli walki, które często stanowiły ich integralny element, w coraz większym stopniu zaczęły one nabierać charakteru gier komputerowych.

Komputerowe gry wojenne stanowią jakościowo wyższą formę rozwoju i zastosowań symulacyjnych modeli walki i są niejako rezultatem ich naturalnego rozwoju. Jako problem naukowo-badawczy pojawiły się wówczas, kiedy z jednej strony na gruncie badań systemowych uświadomiono sobie, że gra jako zjawisko społeczne stanowić może paradygmat wielu złożonych systemów działania, z drugiej zaś kiedy doświadczenia w zakresie projektowania i wykorzystania informatycznych systemów dowodzenia pozwoliły sformułować tezę, że tendencją, wynikającą zresztą z potrzeb współczesnego pola walki, będzie dążenie do projektowania systemów o aktywnej strukturze przetwarzanych na komputerze zadań, tzn. takich, które wspomagają proces podejmowania decyzji, przed podjęciem decyzji ostatecznej, tzn. takich, których integralnym elementem ich oprogramowania użytkowego będą symulacyjne modele walki (Decision Support System).

Identyfikacja konstytutywnych cech komputerowej gry wojennej pozwala uznać ją jako model określonego rodzaju związku operacyjnego, taktycznego, oddziału czy też pododdziału, w którym zjawiska i procesy walki odwzorowano w postaci modeli symulacyjnych (symulacyjnych programów komputerowych), natomiast procesy informacyjno-decyzyjne (proces dowodzenia) odwzorowano na tej samej bazie materialnej jak w systemie rzeczywistym.

Oznacza to, że integralnym elementem komputerowej gry wojennej jest podmiot decyzyjny, traktowany jako aktywny element modelu. Umożliwia to odwzorowanie z jednej strony wpływu wiedzy, doświadczenia, umiejętności, nawyków, racjonalnych, a często także irracjonalnych zachowań decydentów – uczestników gry na jakość podejmowanych przez nich decyzji, z drugiej zaś wpływ tych decyzji na przebieg symulowanych działań bojowych.

Komputerowe gry wojenne stanowią syntezę dorobku wielu dyscyplin nauki, a w szczególności sztuki wojennej i nauk systemowych oraz bogatego wiekowego doświadczenia wielu armii w zakresie przygotowania i prowadzenia działań bojowych. Łączą w sobie w sposób umiejętny te możliwości, jakie w zakresie odwzorowania zjawisk i procesów pola walki stwarza symulacja komputerowa, modelowanie matematyczne, a także nazwijmy to "tradycyjne" gry wojenne. Przyjmując komputerową grę wojenną jako paradygmat

określonego systemu walki należy rozpatrywać ją zarówno jako narzędzie naukowo-badawcze wykorzystywane zarówno do doskonalenia jak i projektowania systemów oraz jako narzędzie dydaktyczne i środek praktycznego doskonalenia umiejętności kadry dowódczo-sztabowej. Pozytywne doświadczenia wielu liczących się współcześnie armii świata w zakresie wykorzystania komputerowych gier wojennych, a także fak, że spełniają one większość wymagań, jakie formułuje się zarówno przed nowoczesnym narzędziem dydaktycznym jak i naukowo-badawczym, pozwalają sformułować tezę, że komputerowe gry wojenne w największym stopniu spełniają wymagania praktyki i nauki wojskowej i mają charakter właściwy systemowym metodom rozwiązywania złożonych problemów teoretyczno-praktycznych.

Postępująca złożoność współczesnych systemów walki stwarza pilną potrzebę opracowania doskonalszych metod ich badania i doskonalenia – metod, które adekwatne będą do stopnia złożoności systemu i w większym niż dotychczas stopniu odpowiadać będą potrzebom praktyki i nauki wojskowej. Mając na względzie z jednej strony możliwości, jakie stwarzają w tym zakresie komputerowe gry wojenne, z drugiej zaś aspiracje wojskowego środowiska naukowego, w niniejszej pracy podjęto próbę całościowego przedstawienia problematyki komputerowych gier wojennych. Zamiarom autorów towarzyszyło ponadto z jednej strony przeświadczenie, że w kręgach dowódców i oficerów sztabów istnieje oczekiwanie od nauki wojskowej pomocy w rozwiązywaniu złożonych zadań o charakterze szkoleniowym i operacyjno-taktycznym, z drugiej zaś świadomość, że bez wykorzystania komputerowych gier wojennych coraz trudniej będzie realizować złożone programy badawcze, kierować i dowodzić złożonymi systemami wojskowymi oraz szkolić kadry dowódczo-sztabowe.

Gra jako metoda badawcza przyjmowana jest w najnowszych koncepcjach badań systemowych jako paradygmat złożonych systemów działania.*
Identyfikacja konstytutywnych cech tak rozumianej gry w ogóle, a wojennej w szczególności pozwoliła przyjąć ją również za paradygmat systemów walki (działań bojowych). Przyjęcie

---

* Patrz. P. Sienkiewicz - koncepcje growe w projektowaniu systemów informatycznych zarządzania. Materiały II międzynarodowej Konferencji nt. Niezawodność i eksploatacja systemów komputerowych - RELCOMEX-81, "Książ" 1981.
P. Sienkiewicz. Inżynieria systemów - zastosowanie wojskowe. MON Warszawa 1983.

przez autorów takiej postawy metodologicznej wymagało szerokiego potraktowania obszaru badań obejmującego zarówno analizę rozwojową gier wojennych oraz problemy projektowania, funkcjonowania komputerowej gry wojennej. Konsekwencją przyjęcia tak rozległej perspektywy badawczej, jest treść i struktura niniejszego opracowania.

Punktem wyjścia rozważań autorów jest analiza rozwojowa gier wojennych, obejmująca powstanie i rozwój tradycyjnych gier wojennych, oraz ocenę stanu aktualnego, tendencje i perspektywy rozwoju symulacyjnych modeli walki i komputerowych gier wojennych. Podjęcie tego problemu jest konsekwencją przyjęcia przez autorów systemowego podejścia do rozwiązywania złożonych problemów projektowania i wykorzystania komputerowej gry wojennej, podejścia w którym diagnoza i ocena aktualnego stanu systemu (badań) stanowi jego integralny element.

Przyjęcie komputerowej gry wojennej jako modelu określonego związku operacyjnego, taktycznego, oddziału czy też pododdziału wyznacza niejako strukturę i treść procesu projektowania gry. Projektowanie komputerowej gry wojennej różni się w sposób istotny od projektowania tradycyjnej gry wojennej. Przyjmując bowiem komputerową grę wojenną jako model systemu walki, proces jej projektowania traktować należy jako proces projektowania złożonego systemu działania, problematyka którego wykracza poza problemy rozstrzygane na gruncie zarówno sztuki wojennej jak i symulacji komputerowej.

Proces projektowania komputerowej gry wojennej ze względu na istotę gry i specyfikę systemu będącego jej przedmiotem ma charakter interdyscyplinarny. O powodzeniu prac projektowych, zakres których porównywalny jest często do prac związanych z projektowaniem złożonego informatycznego (zautomatyzowanego) systemu dowodzenia, decydują wysokie kwalifikację zespołu projektującego oraz twórcze wykorzystanie na gruncie sztuki wojennej dorobku takich dyscyplin jak analiza systemowa, matematyka, informatyka, cybernetyka, psychologia, a przede wszystkim przyjęcie właściwej metodologii i wypracowanie takiej metodyki projektowania, które zapewnią wysoką efektywność procesu projektowania komputerowej gry wojennej.

Próbę wypracowania takiej metodyki wraz z szeroką pod budową metodologiczną podjęto w rozdziale II, traktując to równocześnie jako jedno z tych ważniejszych zadań, jakie pojawiły się aktualnie przed nauką wojskową, a o celowości podjęcia których świadczyć może skala zadań i problemów, jakie wyłoniły się w ramach prowadzonych w AON prac nad serią symulacyjnych modeli walki zbrojnej MODEL 1 – 5.

Zaprezentowane w zakresie projektowana komputerowej gry wojennej rozwiązania koncentrowały się wokół takich obszarów problemowych jak prace przygotowawcze do projektowania gry, projektowanie komputerowej gry wojennej, wdrażanie gry do użytkowej eksploatacji oraz organizacyjno-techniczne zabezpieczenie komputerowej gry wojennej. Każdy z wymienionych obszarów problemowych odpowiada równocześnie poszczególnym fazom procesu projektowania gry.

W ramach prac przygotowawczych koncentrowano się głównie na problemach związanych z badaniami systemu działań bojowych mającego być przedmiotem komputerowej gry wojennej, a w nich na zagadnieniach związanych za sformułowaniem ogólnych i szczegółowych celów gry, techniczno-organizacyjnym przygotowaniem i prowadzeniem badań systemu, analizą i opracowaniem wyników badań oraz na problemach związanych z opracowaniem zadania projektowego.

W obszarze problemów związanych bezpośrednio z projektowaniem komputerowej gry wojennej przedmiotem szczególnego zainteresowania autora były problemy związane z projektowaniem koncepcyjnym, wstępnym i technologicznym.

Zaproponowana w pracy treść i struktura projektowania koncepcyjnego ukierunkowana została głównie na rozwiązanie takich zagadnień jak:

- uzasadnienie celowości wykorzystania gry;
- analiza i ocena metody badania systemów walki;
- identyfikacja, analiza i ocena warunków projektowania i wykorzystania gry;
- treść, struktura, funkcjonowanie gry oraz jej systemu informacyjnego;
- identyfikacja, analiza i ocena potencjalnych uczestników gry;
- ocena efektywności gry.

W zakresie natomiast projektowania wstępnego koncentrowano się głównie wokół problemów dotyczących przede wszystkim:

- wyboru i uzasadnienia rozwiązań projektowych;
- symulacyjnej procedury badania systemów;
- projektowania symulacyjnych modeli i algorytmów ogólnych działań bojowych pododdziałów i oddziałów będących przedmiotem gry;
- oceny adekwatności symulacyjnych modeli walki;
- konstrukcji kryteriów oceny oraz normatywów i parametrów opisujących funkcjonowanie systemu walki będącego przedmiotem komputerowej gry wojennej.

W ramach projektowania technologicznego, zamykającego fazę bezpośredniego projektowania komputerowej gry wojennej dokonano oceny przydatności znanych i dostępnych algorytmicznych i symulacyjnych języków do oprogramowania symulacyjnych modeli walki oraz sformułowano zalecenia usprawniające ich oprogramowanie, uruchomienie i udokumentowanie.

W zakresie problemów związanych z organizacyjno-technicznym zabezpieczeniem KGW i wdrożeniem jej do użytkowej eksploatacji, uwaga autora koncentrowała się na wypracowaniu takiej struktury zadań organizacyjno-technicznych, których realizacja warunkuje efektywne wdrożenie gry do eksploatacji.

1. ANALIZA ROZWOJOWA GIER WOJENNYCH

1.1. Powstanie i rozwój tradycyjnych gier wojennych.

Kiedy i gdzie powstały pierwsze gry wojenne? Na to podstawowe pytanie trudno dzisiaj udzielić jednoznacznej odpowiedzi. W bogatej literaturze z zakresu historii wojen i wojskowości nie ma w tym względzie jednoznacznych poglądów. Niewątpliwie rodziły się one powoli, tak jak kształtowały się powoli historyczne, podstawowe funkcje dowództw i sztabów w zakresie planowania, organizacji i prowadzenia działań bojowych. Większość historyków uważa jednak, że gry wojenne biorą swój początek od chińskiej gry wojennej o nazwie WEI-HI (okrążenie) opracowanej przez chińskiego myśliciela Sun-Tzu około 3000 r. p.ne.*

Gra WEI-HAI rozgrywana była na stole plastycznym, a do odwzorowania walczących wojsk używano kamieni o różnych naturalnych kolorach. Zwycięstwo w grze odnosiła ta strona, której wojska okrążyły siły przeciwnika.

Innym starożytnym przodkiem współczesnych gier wojennych jest hinduska gra wojenna CHATURANGA. Obok stylizowanego, plastycznego stołu używano w niej figur przedstawiających piechotę, lekką kawalerię, słonie i rydwany. W grze brały udział cztery osoby. Wynik manewru wojsk i poniesionych przez nich strat, uzależniony był od wyniku rzutu kością.

Na szczególną uwagę z powstałych w starożytności gier wojennych zasługuje chińska gry wojenna o nazwie GO (gra cesarska). Stara chińska legenda mówi, że partia GO symbolizuje walkę dwóch podstawowych pierwiastków świata: Yin i Yang - dobra i zła. Gra toczy się na planszy 19 x 19; 361 pól odpowiada długości tradycyjnego roku chińskiego. Czarny i Biały (białe i czarne kamienie) ustawiają na przemian na planszy piony, dążąc do zbudowania struktur opierających się atakom przciwnika, jednocześnie kontrolując jak największą część "terytorium" gry. Wygrywa ten, w którego posiadaniu znajduje się większy obszar.

GO jest grą o niezwykle prostych zasadach, naturalną i bliską człowiekowi.

---

* ORZECHOWSKI J. - Dowodzenie i sztaby, Wyd. MON Warszawa 1974 r.

GO to nie tylko gra, to sztuka walki, harmonii i równowagi. Łączy w sobie zalety najpiększejszych i najbardziej emocjonujących gier z pierwiastkami filozoficznymi. Powstała w Chinach przed czterema tysiącami lat. Tu, w Europie jest ciągle egzotyczna, jak karate czy ikebana.

Dokładny jej rodowód nie jest znany. Powstały tylko liczne, nierzadko sprzeczne ze sobą legendy. Jedną z najbardziej wiarygodnych uznaje za twórcę GO cesarza chińskiego Shun, który chciał w ten sposób pomóc swojemu niemądremu synowi. GO wynaleziona przez rozmiłowanych w sztuce chińczyków, przeżyła swoje powtórne narodziny w Japonii. Dwie wielkie organizacje Nichon Ki-in i Kanasai Ki-in zrzeszają ponad 7 ml. graczy.

GO zyskała sobie również zwolenników w Polsce. Powstały liczne kluby gry, a ich członkowie uzyskują sukcesy nawet na arenie europejskiej, czego przejawem są duże coroczne turnieje, z których warszawski jest jednym z poważniejszych.

Przełomowym momentem w zakresie konstruowania i funkcjonowania gier wojennych było wynalezienie szachów.

Szachy są jedną z najstarszych gier towarzyskich. Ich ojczyzną są Indie. W V w.zostały przeniesione do Persji, a w VII w. przejęli tę grę Arabowie. Pierwsze wzmianki o szachach znane są z ok. 700 r. W Europie szachy rozprzestrzeniły się bardzo szybko. W XI w. znane już były w Niemczech, Polsce i Rosji. W XVIII w. stolicą świata szachowego był Paryż. Pierwszy międzynarodowy turniej szachowy odbył się jednak w Londynie w 1851 r.

Wojskowego charakteru szachy zaczęły jednak nabierać dopiero w XIII i XIV w., czego przykładem może być uprawiana przez rycerzy Zakonu Templariuszy gra zwana TAROTH.*

Dzieliła się ona na kilka stopni, czyli wtajemniczeń. Najwyższy stopień, przeznaczony jedynie dla bardzo ścisłego grona, była to kombinacja wszystkich możliwości, jakie mogą zajść w określonej sytuacji. Gra ta, po rozłożeniu na długim stole symbolicznych figur, pozwalała ocenić siły własne, ogólne położenie, jak również przewidywać zamiary i posunięcia przeciwnika. Dzięki niej Templariusze słynęli ze swej znakomitej strategii i potrafili wygrywać bitwy z wrogiem wielokrotnie przewyższającym ich liczebność i siłę. Podstawą i warunkiem uprawiania gry TAROH była logika, pozbawiona emocji, obca marzeniom, a przy

---

* PIECHOWSKI J. - Rycerze wielkiej gry. Wydawnictwo Literackie. Kraków 1981 r.

tym trzeźwa w swym ostatecznym rezultacie. Nie wiadomo gdzie powstały i jak dotarły zasady tej gry do rycerzy Zakonu Templariuszy, którzy służbę rycerską rozumieli nie tylko jako walkę na polu bitwy, ale również - a często przede wszystkim jako wojnę na umysły. Udział w grze uważany był za najwyższy zaszczyt i przywilej.

Szczególnie użyteczne dla rozwoju gier wojennych okazały się opracowane przez anglika Christophera Weikhmana z Ulm w 1644 r. tzw. szachy wojenne o nazwie GRA KRÓLA (ang. KING'S GAME). Rozegrana z ich wykorzystaniem w 1944 r. "bitwa w szachy" w odróżnieniu od tradycyjnej gry w szachy zawierała takie elementy i posiadała takie cechy, które bardziej niż w poprzednich grach upodobniły ją do rzeczywistych działań bojowych. Każdy z uczestników tej "szaschowej wojny", których mogło być 2,3,4,6, a nawet 8, posiadał nie 16, a 30 figur, które przedstawiały między innymi króla, marszałka, kapelanów, strzelców, adiutantów i strażników. Szachowy pojedynek symulował więc działania bojowe dwóch przeciwstawnych stron. Ruchy graczy opisane zostały przy pomocy 14 reguł gry.

Szachy Weikhmana pomimo tego, że traktowane były przede wszystkim jako atrakcyjna zabawa, pozwalały jednak graczom bez większego trudu zorientować się chociaż pobieżnie w najważniejszych zagadnieniach politycznych i wojennych.

Chociaż początkowo szachy podobnie jak i omówione pierwotne gry wojenne stanowiły wyłącznie przedmiot swoistego rodzaju "wojskowej zabawy", to mimo to wywarły one istotny wpływ na dalszy rozwój gier wojennych. Z biegiem lat używanym w szachach figurom, które według przyjętej konwencji oznaczały odpowiednie jednostki wojskowe jak i pojedyńczych żołnierzy oraz takie elementy infrastruktury obszaru walki jak umocnienia inżynieryjne i twierdze, nadawano coraz to nowe wojskowe znaczenia.

Przez następne lata "szachy wojenne" były doskonalone i zwiększano obszar możliwych ich zastosowań, głównie poprzez wprowadzenie figur o nowym znaczeniu oraz modyfikację reguł gry. Pośrednim niejako rezultatem tych prac było opracowanie na początku XVIII w. dwóch gier francuskich o nazwie LE JUE de la GUERRE i LE JUE de la FORTYFICATION. W odróżnieniu od poprzednich gier wojennych, w obu grach zamiast figur, klocków czy kamieni służących do odwzorowania elementów walki, używano kart papierowych. Takie rozwiązanie pozwalało na szybką zmianę został określających militarne znaczenie poszczególnych kart (figur) wykorzystywanych w grze, a także co jest bardzo istotne, sprzyjało wykorzystaniu intelektualnych możliwości uczestników gry w zakresie form odwzorowania takich elementów

pola walki, które najbardziej odpowiadały ich wyobraźni i doświadczeniu. Obie gry używane były do podstawowego szkolenia studentów i wykorzystywane były np. w Wielkiej Brytanii aż do I Wojny Światowej.

Następnym krokiem w przybliżeniu szachów do gier wojennych w ich współczesnym rozumieniu było opracowanie w 1780 r. przez Helwiga - ochmistrza paziów na dworze księcia Brunszwiku, uznawanego na zachodzie do dzisiaj za twórcę "gier strategicznych", jakościowo nowej gry wojennej. Po raz pierwszy w tej grze użyto pojedyńczych figur do odwzorowania całych jednostek. Teren przewidywanych działań podzielono na pięć klas i przedstawiono w postaci 1666 kwadratów. W każdym kwadracie terenu prowadzić można było zarówno działania bojowe jak i prace inżynieryjne. Każda z biorących udział w grze stron dysponowała nie mniej niż:

- 60 batalionami grenadierów,
- 25 batalionami pontonierów,
- 8 szwadronami dragonów,
- 10 szwadronami husarii,
- 10 bateriami artylerii polowej,
- 3 bateriami artylerii oblężniczej,
- 2 bateriami moździeży.

Tempo przemieszczania się (marsz i aktywne działania bojowe) opisywano przy pomocy tzw. wskaźnika manewru będącego funkcją rodzaju pododdziałów i typu terenu. Najbardziej rozwiniętą grą tego typu była gra przeprowadzona w 1798 r. przez Jerzego WENTURINI, włoskiego pisarza wojskowego, który w rzeczywistości okazał się wojskowym inżynierem z Brunszwiku. Przeniósł on opracowaną przez HELLWIGA grę wojenną na mapy i planszety nadając jej szerszego, taktycznego znaczenia. Role w tej grze przedstawione zostały w 60-stronicowym opracowaniu Teren przewidywanych działań bojowych (granica francusko-belgijska) z uwzględnieniem jego aktualnej rzeźby, opisano za pomocą 3600 kwadrdatów, wykorzystując do tego celu mapę, a nie szablonową szachownicę. Siły biorących udział w grze stron obejmowały około 1800 brygad piechoty, 30 brygad kawalerii, 600 baterii artylerii polowej i 200 brygad artylerii konnej. W grze brały udział jednostki zabezpieczenia logistycznego i rozpoznawczego. Charakterystycznymi cechami tej gry, świadczącymi o nowym podejściu przez jej autorów do sposobu opracowania i wykorzystania gry oraz do zakresu odwzorowanych elementów i procesów pola walki są między innymi:

- szersze i dokładniejsze odwzorowanie poszczególnych rodzajów wojsk oraz rzeczywistego terenu przewidywanych działań;
- uwzględnienie w grze oprócz pododdziałów biorących bezpośredni udział w walce, jednostek zabezpieczenia działań bojowych (rozpoznanie i zabezpieczenie logistyczne);
- nadanie używanym w grze figurom niejako podwójnego znaczenia - wprowadzające poprzez to element oceny możliwości bojowych*
- matematyczne opisanie reguł gry.

Przedstawione gry kończą pewien charakterystyczny etap w procesie ich rozwoju. Analiza bowiem gier wojennych od momentu ich powstania do końca XVII wieku wykazuje, że najbardziej charakterystyczną cechą w procesie ich opracowania była tendencja do projektowania tzw. sztywnych gier wojennych** tzn. takich w których między innymi reguły i procedury oceny uczestników gry były z góry ściśle i jednoznacznie określone, nie ulegały zmianie w trakcie przebiegu gry i nie pozwalały na swobodną interpretację wyników rozgrywanych działań bojowych. Podkreślić należy również, że opracowywane wówczas gry wojenne miały głównie charakter zamknięty (ang. closed game) tzn. taki, że uczestnicy gry nie znali posunięć swoich partnerów a tylko skutki posunięć przeciwnika.

Początkowe lata XIX wieku rozpoczynają nowy etap w rozwoju gier wojennych. Jakościowo-ilościowy wzrost techniki wojskowej - sprzętu i środków walki, zmiany w sposobie przygotowania i prowadzenia działań bojowych oraz wzrost wartości wskaźników czasowo-przestrzennych walki i operacji spowodowały pojawienie się nowych, bardziej złożonych elementów i procesów pola walki. Trudności związane z włączeniem ich w sztywne reguły doprowadziły do rozpoczęcia prac nad nową generacją gier wojennych, tzw. swobodnych gier wojennych (ang. free game). Swobodne gry wojenne są to takie gry wojenne, w których procedury oceny wyników symulowanej walki i uczestników gry bazują przede wszystkim na wiedzy i doświadczeniu kierownictwa gry i dopuszczają określony stopień swobody w zakresie interpretacji uzyskiwanych przez grające strony rezultatów. Integralnym elementem swobodnych gier wojennych jest arbitraż i wspólna dyskusja

---

* Określone figury oznaczały nie tylko poszczególne rodzaje jednostek, ale także ich możliwości bojowe. Np. król oznaczał taki rodzaj wojsk, który aktualnie dysponował największymi możliwościami bojowymi.

** Szczegółowa klasyfikacja gier wojennych przedstawiona została w rozdziale II.

uczestników gry nad planowanymi przez nich decyzjami i przewidywanymi skutkami ich realizacji.

Pierwsze doświadczenia ze swobodnymi grami wojennymi to - "przegrywanie" przyszłych bitew przez Napoleona. Charakterystyczną cechą tych gier było to, że wykorzystywano je jako jedną z podstawowych metod wypracowania i uzasadnienia słuszności decyzji w zakresie przygotowania i prowadzenia oczekiwanych bitew. Wszystkie poprzednie gry, ze względu na ograniczony obszar ich zastosowań, wykorzystywane były głównie w charakterze bardziej poglądowym niż koncepcyjnym czy też weryfikacyjnym.
W grach prowadzonych np. przez armię napoleońską nie używano szachów, a mapy rzeczywistego terenu walki. Do odwzorowania walczących wojsk wykorzystywano szpilki z kolorowymi główkami, które wpinane w mapę określały aktualne położenie jednostek wojskowych. Znaczny wkład w rozwój swobodnych gier wojennych, oprócz generałów i oficerów armii napoleońskiej, wnieśli także generałowie i oficerowie armii pruskiej oraz carskiej.

Istotne znaczenie dla rozwoju współczesnych gier wojennych miały prace zapoczątkowane w 1811 r. przez porucznika armii pruskiej Georga Rodolfa Johana von Reisswitza. Opracowane przez niego gry wojenne dały początek serii znanych w wielu państwach Europy gier wojennych o niemieckiej nazwie KRIEGSSPIEL. W jednej ze swoich pierwszych gier wojennych, przy opracowaniu której wykorzystano rozwiązania zaproponowane w 1798 r. przez Venturiniego, do odwzorowania terenu Reisswitz użył początkowo skrzynki z piaskiem, później z gipsem, w których rzeczywista rzeźba terenu wraz z całą infrastrukturą przedstawiona została w takiej skali, że 1 mila rzeczywistej długości terenu odpowiadała 25 calom długości stopu plastycznego. Biorące udział w tej grze wojska, takie jak piechota, kawaleria i artyleria przedstawione były za pomocą małych kawałków drewna z kolorowymi papierkami. Ruchy wojsk przebiegały zgodnie z opisanymi regułami gry. Rok później Reisawitz zaprezentował nową grę wojenną, w której zamiast kawałków drewna wykorzystał do przedstawienia wojsk porcelanowe figurki.

Prace rozpoczęte przez Herr von Reisswitza zostały znacznie ograniczone w wyniku prowadzonych w Europie w latach 1812-1815 wojen. Uległo także zmniejszeniu zainteresowanie kręgów wojskowo-politycznych grami wojennymi. Taki stan rzeczy był zresztą oczywisty. Miano bowiem do czynienia z rzeczywistymi działaniami bojowymi będącymi swoistego rodzaju sprawdzianem (weryfikatorem) wcześniej opracowanych gier

wojennych. Przerwa w tych procesach nie trwała jednak długo, bo już w 1816 r. por. Reisswitz podejmuje pracę zmierzające do wypracowania nowych doskonalszych reguł i zasad gry. W 1824 r. prace te zostały zakończone powodzeniem. W udoskonalonej przez siebie grze wojennej opracował reguły i role dla uczestników gry, które uwzględniały w stopniu znacznie większym niż w poprzednich grach rzeczywiste warunki pola walki. Pododdziały poszczególnych rodzajów wojsk przedstawione były za pomocą metalowych figurek, pomalowanych odpowiednio dla każdej ze stron na kolor czerwony (wojska własne) i niebieski (wojska nieprzyjaciela). Fakt ten uważa się za narodziny konwencji oznaczania biorących udział w konflikcie zbrojnym stron, a obowiązującej do dnia dzisiejszego we wszytkich armiach świata. Gra przebiegała w dwuminutowych cyklach, podczas których dowódcy przemieszczali określone figury na odległość zgodną z tą, którą rzeczywiste pododdziały mogły pokonać w tym samym czasie w rzeczywistym terenie. Wkomponowanie do sposobu przebiegu gry w jawnej postaci elementu czasu, czyni samo przez się grę dynamicznym modelem walki. Straty ponoszone przez biorące udział w grze wojska określane były na podstawie aktualnego stosunku sił.

Udoskonalona wersja gry wojennej została pozytywnie oceniona przez księcia Wilhelma, który polecił ją rozpowszechnić jak najszerzej w pruskiej armii. Wkrótce w pułkach zaczęły powstawać oficerskie kluby gry wojennej, do których należeli najzdolniejsi oficerowie armii pruskiej. Fakt przynależności do takiego klubu uznawany był za wyjątkowe wyróżnienie przez kadrę oficerską.

Latem 1824 r. por. Reisswitz został odkomenderowany do dyspozycji księcia Mikołaja, późniejszego cara Rosji, w celu zapoznania go z istotą i charakterem gry. Zimą tego samego roku odbyła się w Berlinie wielka gra wojenna pod kierownictwem gen. Mufflinga i Reisswitza z założeniami opracowanymi na podstawie doświadczeń z wojen napoleońskich. Naczelnymi wodzami biorących udział w grze stron byli ks. ks. Wilhelm i Mikołaj. Wypracowane na podstawie gry koncepcje i założenia wykorzystane zostały później w bitwie pod Budziszynem.

Na marginesie tych wydarzeń zwrócić należy także uwagę na wkład, jaki wniósł w dzieło rozwoju gier wojennych wybitny polski teoretyk wojskowości gen. Mirosławski. Będąc jeszcze słuchaczem Szkoły Kadetów w Kaliszu wymyślił grę wojenną, którą zdołał zainteresować ks. Mikołaja podczas obiadu wydanego z okazji wizyty składanej przez księcia w szkole. Było to niedługo po tym jak Reisswitz został zaproszony do Petersburga, aby

zaprezentować ks. Mikołajowi opracowaną przez siebie grę wojenną. W latach późniejszych gen. Mirosławski opublikował pierwszą wersję Szachów Polskich, które podobno dopiero od niego trafiły do sztabu francuskiego.

Z biegiem lat, w wyniku szerokiego rozpowszechnienia opracowanej przez Reisswitza gry wśród kadry oficerskiej, nie zawsze rozgrywano ją na należytym poziomie. Coraz częściej główną uwagę poświęcano jej stronie zewnętrznej - szablonowi, zatracając istotę gry, którą było szkolenie oficerów w dowodzeniu wojskami z uwzględnieniem w możliwie najszerszym zakresie terenu i warunków działań bojowych. Stąd też przebieg gry stawał się często nudny, co wywoływało wśród oficerów reakcję przeciwko samej grze, która jakoby odrywała młodych oficerów od służby liniowej ze szkodą dla nich. Pomimo tego, zainteresowanie grą ożywia się ponownie w latach siedemdziesiątych XIX wieku. W roku 1869 gen. Troschke daje ciekawą charakterystykę gry podkreślając jej dodatnie strony w sposób następujący: "oficerowie poznają się wzajemnie; uczą się opanowywać swe temperamenty, być powściągliwymi w sądach i umiarkowanymi w decyzjach, brać pod uwagę rzeczywistość i dopiero do niej dostosowywać swe plany i zamiary; podporządkowując swoje myśli zamiarom i rozkazom przełożonego, choćby one szły w przeciwnym kierunku. A zatem gra wojenna jest krzepiącą duch wojenny gimnastyką umysłu, ważną dla wychowania odpowiedzialnych dowódców wszystkich stopni".

Opracowanej przez Reisswitza grze wojennej gen. Troschke przypisuje w znacznej mierze sukcesy armii pruskiej w wojnie 1866 r.

Wojna prowadzona w latach 1870-71 była nową podnietą do rozpowszechniania się w Niemczech gry wojennej. Rodzi się również w tym czasie silna tendencja zmierzająca do uwolnienia gry od szablonu, od przeceniania znaczenia przyrządów (stół plastyczny, figury, mapa, linijki, cyrkle, kostki itp.).

Wyrazicielem tej tendencji był przede wszystkim ppor. piechoty Meckel, który pod hasłem walki z szablonem w swych pracach wprowadził szereg reform do gry wojennej. Meckel nie usunął z gry całego tego balastu, który pod postacią licznych przyrządów oraz szablonowego postępowania przy obliczaniu strat (rzut kostką), skuteczności ognia i wyników działań był dotychczas związany z grą. Pozostawił nadal rzut kostką, dając przez to możliwości uwzględniania zróżnicowanego wpływu czynnika moralnego na przebieg działań bojowych. Meckel skłaniał się również do powierzenia kierowania przebiegiem gry doświadczonemu oficerowi cieszącemu się znacznym autorytetem zwanym często kierownikiem gry, bez

uzależnienia jej przebiegu od wyniku rzutu kostką, mającego charakter losowy.

Całkowitej zaś reformy gry wojennej opracowanej w 1824 r. przez Reisswitza dokonał w 1876 r. pułkownik V. Verdy du Vernois. Odrzucił on w znacznym stopniu cały zawiły system przyrządów i przepisów krępujących przebieg gry. Przyjął zupełną swobodę w kierowaniu grą, opartą na taktycznych i strategicznych poglądach współczesnej mu epoki. W ten sposób stworzył on tzw. "uproszczoną grę wojenną", w której kierownikowi postawiono wysokie wymagania w zakresie wiedzy, doświadczenia i bystrości umysłu. O zreformowanej przez siebie grze płk. V. Verdy du Vernois pisze w następujący sposób: "Gra wojenna daje możliwości rozegrania operacji większych oddziałów i szybciej niż w terenie. Dzieli się ona na strategiczną i zwykłą; pierwszą prowadzi się na mapach 1:100000 lub w jeszcze mniejszej skali, przy czym rozgrywać za ich pomocą można duże operacje, a nawet całe kampanie; drugą prowadzi się na mapach, jakie wykorzystujemy przy wyjazdach w teren i w podróżach oficerów Sztabu Generalnego. Przewaga gry wojennej polega na ekonomice czasu i samej technice, tzn. nie ma żadnych prawideł, tablic i kostek. Sytuacje przeciwnika oznacza się za pomocą znaków tylko dla tych uczestników, których fantazja nie pozwala na wytworzenie sobie obrazu sytuacji. Grę wojenną można rozegrać trzema sposobami:

1) jako strategiczną – pod postacią wielkich operacji wojskowych, na mapach sztabu generalnego lecz bez przyrządów,
2) jako praktykowaną dotychczas w myśl istniejących przepisów z tablicami i kośćmi,
3) jako uproszczoną, bez specjalnych przepisów, tablic i kości lecz z zachowaniem znaków, map i planów.

Przy omawianiu wyników i przebiegu gry winni być obecni wszyscy uczestnicy gry. Omówienie rozpoczyna się od czytania zadań obu stron, następnie kierownik czyni swe uwagi o decyzjach powziętych przez obie strony. Dowódcy stron mogą krótko wypowiedzieć swe poglądy. Krytyka prowadzona rzeczowo nie powinna żadnego z uczestników gry dotyczyć osobiście. Niejasności należy wyjaśnić. Przeważnie błąd jednej ze stron zostaje ukarany już w czasie trwania samej gry przez odpowiednie posunięcie strony przeciwnej. Kierownik winien być oględnym w sądach, w przypadku gdy istnieje możliwość kilku rozwiązań. Kierownik musi ściśle i zdecydowanie wypowiadać swoje poglądy, zmuszając przez to uczestników do ponownego przemyślenia gry.

Opracowane przez Reisswitza, a doskonalone w ciągu wielu lat przez sztaby armii pruskiej gry wojenne stanowiły od tej pory podstawowe narzędzie nauczania i doskonalenia

umiejętności oficerów, w armiach wielu państw Europy w zakresie przygotowania i prowadzenia operacji wojskowych.

W Wielkiej Brytanii badania nad KRIEGSSPIEL przebiegały prawie niezauważalnie do połowy XIX w. Oficjalny opis brytyjskich ról do prowadzenia gier wojennych (ang. Rules for the Conduct of the War Game) został przedstawiony dopiero w 1872 r. Przez następne dwanaście lat tylko garstka brytyjskich oficerów tłumaczyła i stosowała niemieckie materiały celem dostosowania ich do gier wojennych prowadzonych w armii brytyjskiej.

Podobnie wyglądała w tym względzie sytuacja w Stanach Zjednoczonych Ameryki. Stosowane tam w tym czasie w bardzo ograniczonym zakresie gry wojenne były kopią lub adaptacją niemieckiej gry wojennej KRIEGSSPIEL. Pierwszym i największym znawcą gier wojennych w USA był major W. R. Livermore, który uczył się gier wojennych od cywilnych inżynierów pracujących w armii brytyjskiej. W 1879 r. wydał on książkę pt. "Amerykańska Kriegsspiel" (ang. The American Kriegsspiel), która przez wiele lat stanowiła podstawę do opracowywania wielu gier wojennych. Przedstawione przez Livermore role dla uczestników gier zostały zaadaptowane z gier niemieckich i przeznaczone były do prowadzenia gier szczebla taktycznego, operacyjnego, i strategicznego, a także dla marynarki wojennej i specjalistycznej gry o nazwie TWIERDZA.

W następnych latach gry wojenne w USA prowadzone były całkowicie w zgodzie z niemieckimi rozwiązaniami i zaleceniami. Szczególnie dużego znaczenia nabierały w tym czasie w USA swobodne gry wojenne, czego bezpośrednią przyczyną, jak należy sądzić, było tłumaczenie książki wówczas już generała VERDY, a wydanej w 1897 r. pod amerykańskim tytułem "A Simplified Game of War" (Uproszczone gry wojenne).

Kolejnym krokiem na drodze rozwoju gier wojennych było wprowadzenie przez kapitana Farrand Sayre w 1908 r. takiego środka jak oleat. Przyczyniło się to w sposób istotny do rozwinięcia i doskonalenia pracy takiego elementu gier, jakim są komórki rozjemcze i do usprawnienia obiegu informacji w procesie przygotowania i prowadzenia gry.

Analizując historią gier wojennych nie sposób nie wymienić nazwiska John Clerk, który uznawany jest za ojca gier wojennych dla marynarki wojennej. Niektórzy historycy są nawet skłonni sądzić, że to właśnie John Clerk jest twórcą gier wojennych w ogóle. W swojej pracy pt. "Szkice o taktyce marynarki" (ang. Essay a Nevel Tactics) dał podstawy opracowywania i wykorzystania morskich gier wojennych.

Szczególnie intensywny rozwój gier wojennych nastąpił w latach I i II wojny

światowej. Gry wojenne rozgrywano wówczas przed wszystkimi ważniejszymi operacjami.

1.2. Stan aktualny, tendencje i perspektywy rozwoju symulacyjnych modeli walki oraz komputerowych gier wojennych

Zapoczątkowany w latach I i II wojny światowej intensywny rozwój gier wojennych trwa do dnia dzisiejszego. Przełomowym wydarzeniem, które z jednej strony gwałtownie przyspieszyło rozwój gier wojennych, z drugiej zaś spowodowało jakościowe zmiany zarówno w metodach projektowania jak i sposobach oraz zakresie ich wykorzystania, było pojawienie się techniki komputerowe. Istotny wpływ miały także w tym względzie osiągnięcia takich dyscyplin jak matematyka – szczególnie teoria gier i modelowanie matematyczne, cybernetyka, informatyka, psychologia i teoria systemów. Nie bez znaczenia dla problematyki gier wojennych było pojawienie się nowych metod badawczych, takich jak analiza systemowa i symulacja komputerowa. W wyniku wykorzystania osiągnięć nauki i techniki gry wojenne coraz częściej zaczęły nabierać charakteru gier komputerowych, a ich integralnym elementem w coraz większym stopniu stawały się symulacyjne modele walki i operacji.

W ostatnich latach grami wojennymi, które w wielu armiach usamodzielniły się tworząc wyspecjalizowaną dziedzinę wiedzy (wg terminologii amerykańskiej – "War gaming"), zaczęło zajmować się tysiące specjalistów. I tak np. w USA nad problematyką gier wojennych pracuje od 15 do 30 tys. oficerów i cywilnych oraz wojskowych naukowców. Wiodącą rolę w tym względzie spełniają takie ośrodki naukowo-badawcze jak Rand Corporation w Sant Monica, Hudson Instytute, Massachusetts Institute of Technology, Northwestern Uniwersity oraz Institute Defense Analisys (IDdA). O wadze, jaką przywiązuje się w USA do problematyki projektowania i wykorzystania gier wojennych, świadczyć może fakt powołania przy dowództwie połączonych szefów sztabów specjalnej agencji ds. gier wojennych (ang. Joint War Game Agency of the Joint Chiefs of Staff). Agencja ta zatrudnia około 50 oficerów, których zadaniem jest prowadzenie prac koncepcyjnych i kontrolno-weryfikacyjnych w zakresie tradycyjnych i komputerowych gier wojennych. Agencja posiada swoich przdstawicieli we wszystkich rodzajach sił zbrojnych i wojsk. W jej skład wchodzą

trzy sekcje – sekcja wojny globalnej, wojny ograniczonej i zimnej wojny. Struktura agencji świadczy jednoznacznie o wadze i charakterze problematyki będącej w zakresie jej kompetencji.

W ostatnich latach szczególnie intensywny rozwój symulacyjnych modeli walki i operacji oraz komputerowych gier wojennych obserwuje się w armiach wielu państw.

W armiach państw NATO znaczącą rolę w tym względzie spełniają USA. Ze względu na wagę jaką przywiązuje kierownictwo wojskowe USA do problematyki projektowania i wykorzystania symulacyjnych modeli walki i komputerowych gier wojennych oraz zaangażowany w tym zakresie potencjał naukowo-badawczy i uzyskiwane rezultaty, USA uznawane jest za jedno z przodujących państw w dziedzinie projektowania i wykorzystania symulacyjnych modeli walki i komputerowych gier wojennych.

Analiza rozwoju gier wojennych wykazuje, że stanowiły one i stanowią integralny element funkcjonowania sił zbrojnych. Na przestrzeni wieków przeszły one głęboką ewolucję zarówno co do formy, treści i sposobu funkcjonowania, a także charakteru i roli spełnianej w systemie nauki wojskowej.

W zakresie formy, gry wojenne ulegały ciągłym zmianom, poczynając od gier prowadzonych na bardzo prostych stołach plastycznych, poprzez gry w szachy i ćwiczenia na mapach, aż do gier komputerowych, czy też symulatorów wybranych procesów walki. Charakterystyczny jest przy tym fakt, że wszystkie te formy gier wojennych, za wyjątkiem gier w szachy, są również współcześnie szeroko stosowane. Na podkreślenie zasługuje również to, że współczesne gry wojenne mają coraz częściej charakter tzw. multimediów. Oznacza to, że wszystkie formy nawzajem się uzupełniają, a gra wspomagana jest wszystkimi aktualnie dostępnymi i efektywnymi z punktu widzenia realizacji celów gry środkami informacyjno-technicznymi (komputery, środki łączności, filmy, symulatory wybranych zjawisk i procesów pola walki itp.), a także wspomagana właściwie opracowanym materiałem szkoleniowo-dydaktycznym.

Pierwsze gry wojenne miały przede wszystkim charakter „wojennej zabawy" i przez wiele wieków w takim celu były wykorzystywane. Późniejsze gry wojenne, na których coraz odważnej czyniono próby w miarę dokładnego odwzorowania przewidywanych działań bojowych, stopniowo stały się zarówno środkiem sprawdzania koncepcji przyszłych bitew (wojny napoleońskiej), jak i nauczania kadr oficerskich. Współczesne zaś gry wojenne oprócz swojej głównej funkcji dydaktycznej coraz częściej spełniają funkcję naukowo-badawczą,

która aktualnie wydaje się być dominującą dla coraz większej ilości gier wojennych, w szczególności komputerowych.

Na przestrzeni lat uległ również znacznemu poszerzeniu zakres problematyki będącej treścią gier wojennych. W pierwszych grach próbowano odwzorować tylko wybrane fragmenty i aspekty działań bojowych (np. okrążenie sił przeciwnika, przegrupowanie wojsk, marsz na dużą odległość itp.). W kolejnych grach wojennych znajdujemy przykłady całościowego ujęcia działań bojowych poprzez odwzorowanie poszczególnych rodzajów i służb, jak i rodzajów sił zbrojnych. Tego typu gry, mające charakter bardziej kompleksowy, zaczęły rozwijać się coraz bardziej szczególnie po I wojnie światowej. Współczesne gry wojenne oprócz problematyki o charakterze ściśle militarnym obejmują bardzo często sferę polityczno-ekonomiczną, będącą niejako otoczeniem symulowanych działań militarnych. W wielu grach problematyka polityczna zdominowała zagadnienia militarne i dlatego też gry te bardzo często określa się mianem gier politycznych. Stanowią one w wielu przypadkach jedyne narzędzie sprawdzania i wypracowywania koncepcji działania wielu współczesnych polityków, a także poszczególnych organizacji i państw.

Gry wojenne przez wiele, wiele lat, zarówno te dydaktyczne, jak i naukowo-badawcze miały charakter pasywny. Oznaczało to, że w trakcie rozgrywania wybranego fragmentu działań bojowych, żaden z uczestników gry nie mógł na bieżąco uzyskać informacji o stanie symulowanych działań bojowych, a także nie mógł wpływać na przebieg tych działań. Wszystkie informacje o stanie sił biorących udział w grze dostarczano uczestnikom gry w ściśle określonych momentach czasu. Gry o takim charakterze wykluczały możliwość operatywnego kierowania podległymi uczestnikom gry pododdziałami w czasie rzeczywistym. Dopiero szerokie wykorzystanie możliwości współczesnej techniki komputerowej i symulacyjnej metody badania systemów pozwoliło na zaprojektowanie takich gier, w których każdy uczestnik w dowolnej chwili czasu ma możliwość bezpośredniego wpływania na przebieg działań bojowych, a także na bieżąco informowany może być o stanie rozgrywanych działań bojowych. Oprócz możliwości bieżącego wpływania przez uczestników gry na przebieg symulowanych działań bojowych, najważniejszą zaletą tego typu gier jest możliwość zatrzymania gry i rozegrania w bardzo krótkim czasie, bardzo wielu sytuacji dla różnych wariantów podjętych decyzji i "wystartowanie" z grą przy takim wariancie decyzji, który w danej sytuacji taktyczno-operacyjnej uznano za najlepszy. Gry wojenne o takim zakresie możliwości współpracy człowieka z komputerem i takim sposobie funkcjonowania przyjęto

nazywać interaktywnymi.

Ważnym elementem gier wojennych, chronionym zwykle ścisłą tajemnicą, są reguły gry, a w szczególności reguły oceny uczestników gry i uzyskiwanych w grze rezultatów działań bojowych. Pierwsze gry wojenne z punktu widzenia reguł oceny uczestników i rezultatów gry miały charakter tzw. gier "sztywnych". Sztywne gry wojenne w miarę postępującego rozwoju środków walki, a co za tym idzie wzrastającej złożoności sposobów prowadzenia walki, traciły na swoim pierwotnym znaczeniu. Sztywne gry wojenne nie oddawały, bo nie mogły oddać właściwego obrazu, złożonego charakteru działań bojowych. Chcąc uniknąć tego podstawowego ich mankamentu zaczęto opracowywać tzw. swobodne gry wojenne, które w większym niż dotychczas stopniu i zakresie uwzględniały złożoność działań bojowych. Swobodne gry wojenne do XIX wieku były praktycznie jedynym, powszechnie stosowanym typem gier wojennych. Spełniały one właściwie swoją funkcję na określonym etapie rozwoju nauki wojskowej. W miarę wzrastającego zapotrzebowania na kompleksowe, dokładne analizy i oceny działań bojowych co uwarunkowane było przede wszystkim ciągle wzrastającą złożonością zjawisk i procesów pola walki, początkowo konwencjonalnej, a później jądrowej, zakres stosowania swobodnych gier wojennych był coraz bardziej ograniczony. Powstała w tym czasie swoistego rodzaju luka metodologiczna w zakresie projektowania a wykorzystania gier wojennych. Charakterystycznym dla tej sytuacji był brak efektywnych, szybkich w realizacji metod identyfikacji, pomiaru i oceny systemów działań bojowych*, które wkomponowane w sztywne, bo w znacznym stopniu komputerowo realizowane reguły gry wojennej, uczyniły z nich użyteczne narzędzie analizy i oceny rzeczywistych działań bojowych. Taki stan rzeczy praktycznie rzecz biorąc istnieje do dnia dzisiejszego. Mimo ogromnego postępu w zakresie wykorzystania metod matematycznego modelowania, cybernetyki, psychologii i techniki komputerowej, ciągle mamy do czynienia z sytuacją, w której gry wojenne tracą częściowo na swojej użyteczności z powodu braku w nich formalnie pobranych i użytecznych metod oceny stosunków działań bojowych, zarówno w obszarze realizacji procesów walki, informacyjnych, jak i decyzyjnych. A jeżeli w którejś z gier wojennych, a w szczególności komputerowych udało się wypracować poprawne i użyteczne metody oceny, to zwykle związany z tym wkład pracy kilkakrotnie przewyższał

---

* W systemie działań bojowych (związek taktyczny, oddział pododdział ...) wyróżniamy dwa podstawowe podsystemy: system dowodzenia i system walki.

pracochłonność całej gry wojennej.

Gry wojenne w przeszłości stanowiły zwykle przedmiot zainteresowania jednej osoby, czy też niewielkiego zespołu ludzi. Natomiast współcześnie problematyka gier wojennych stanowi przedmiot zainteresowania wielu liczących się na świecie akademii wojskowych i instytutów naukowo-badawczych. Na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci gry wojenne usamodzielniły się tworząc wysoce specjalistyczną dziedzinę wiedzy o nazwie – GRY WOJENNE.

Współcześnie gry wojenne stały się jednym z najważniejszych elementów praktycznej i teoretycznej działalności sił zbrojnych wszystkich liczących się współcześnie państw świata. Umiejętność w zakresie ich projektowania i wykorzystania w najbliższej przyszłości decydować będą w sposób zasadniczy o poziomie wyszkolenia kadr dowódczo-sztabowych i efektach prowadzonych prac naukowo-badawczych w zakresie sztuki wojennej i teorii dowodzenia. Oczekiwać należy, że gry wojenne ze względu na rolę spełnianą w systemie nauk wojskowych jak również fakt, że w sferze pozamilitarnej dały początek tak powszechnie i z powodzeniem dzisiaj stosowanym GROM KIEROWNICZYM doczekają się oddzielnej monografii.

2. GRA JAKO MODEL DZIAŁANIA

2.1 Cechy gry jako modelu działania

Gry jako nieodłączny element funkcjonowania społeczeństw spełniają w jego życiu coraz to bardziej znaczącą rolę. Postępująca złożoność środków produkcji i stosunków społecznych skłoniła człowieka do poszukiwania takich metod identyfikacji, analizy i badania działalności człowieka, jako aktywnego elementu systemów działania, które uczyniłyby tę działalność bardziej efektywną, zarówno w sensie poznawczym, jak i praktycznym. Wydaje się że taką metodą jest metoda GIER, zwanych niesłusznie w odróżnieniu od gier naturalnych (dziecinne, sportowe, salonowe) będących elementem kultury społeczeństw – "GRAMI SZTUCZNYMI". Określenie to, choć współcześnie całkowicie nie używane autor uznał za celowe przedstawić, mając na względzie tylko i wyłącznie umowny charakter takiego podziału gier. Trudno bowiem byłoby zgodzić się z autorami takiego poglądu, jakoby gry tzw. /sztuczne" nie były elementem kultury społeczeństw. Powstały one bowiem jako wytwór kultury społeczeństw na określonym etapie ich rozwoju i sądzić należy, że podobnie jak gry naturalne wywierać będą coraz bardziej liczący się wpływ na rozwój szeroko rozumianego postępu i nowoczesności.

Gry sztuczne, jako że bardzo często tożsame są z procesami podejmowania decyzji przyjęto nazywać GRAMI KIEROWNICZYMI (DECYZYJNYMI). W dalszych rozważaniach będziemy stosowali wyłącznie pierwszą z tych nazw, aby w ten sposób uniknąć tautologii – bowiem pojęcie "decyzja" jest nieodłączne od pojęcia "gra". Obok określenia "gry kierownicze" stosowany jest również, szczególnie w niektórych pracach autorów radzieckich termin "gry operacyjne". Określenie "gry kierownicze"* jest dzisiaj powszechnie używane i na trwałe weszło do słownika nazw wielu dziedzin praktycznej i twórczej działalności człowieka. Pomimo tak szerokiego wykorzystania, określenie to nie zawsze jest jednakowo interpretowane, nawet przez autorów prac z zakresu problematyki gier kierowniczych. W

---

* Słowo "kierownicze" w nazwie gry rozumiane jest przede wszystkim jako nazwa procesów (kierowania, dowodzenia, zarządzania), a nie wyłącznie spełnianych przez decydentów funkcji.

formułowanych definicjach podkreśla się eksponuje te elementy gier kierowniczych, które z punktu widzenia realizacji zakładanych przez projektantów i użytkowników gier celów badawczych, czy też praktycznych są najistotniejsze, natomiast nie zawsze oddają one istotę gier kierowniczych jako metody badania systemów działania. Dla zilustrowania istniejącego w tym względzie stanu rzeczy przytoczymy kilka z możliwych, najbardziej reprezentatywnych definicji gier kierowniczych.

Gra kierownicza - to symulacyjny proces podejmowania decyzji, w konkretnej sytuacji, w warunkach wieloetapowego, krokowego, udokładnienia niezbędnych czynników, a także proces analizy informacji sukcesywnie napływającej do uczestników gry i opracowywanej w trakcie jej przebiegu.

Gra kierownicza to metoda analizy konkretnych sytuacji ze sprzężeniem zwrotnym, uzupełniona czasowym pomiarem wartości wybranych wskaźników systemu dowodzenia*.

Gra kierownicza to model współdziałania ludzi w procesie realizacji materialnych lub (i) prestiżowych celów.

Gra kierownicza jest to "żywy" model za pomocą którego możliwe jest odtwarzanie procesu podejmowania decyzji i współdziałania ludzi wchodzących w skład badanego systemu zarządzenia.

Gra kierownicza jest symulacyjnym modelem funkcjonowania organizacji.

Analizy przedstawionych definicji gry kierowniczej, jak również pewne doświadczenia autora w zakresie projektowania i wykorzystania komputerowych gier wojennych, pozwalają na sformułowanie następującej w miarę uniwersalnej definicji gry kierowniczej.

Gra kierownicza to model funkcjonowania określonego systemu działania w sytuacji konliktowej, w którym odwzorowano procesy robocze i informacyjno - decyzyjne, jak również procesy współdziałania podmiotów działających podczas realizacji celów systemu.

Szczególną odmianą gier kierowniczych są gry wojenne. Wychodząc z definicji gry

---

* SKIBIŃSKI J. Gry kierownicze w wojsku MON. W-wa 1973 r.

kierowniczej proponuje się następującą definicję gry wojennej.

Gra wojenna to wielowariantowe model funkcjonowania określonego systemu działań bojowych w sytuacji konfliktowej, w którym odwzorowano procesy walki informacyjno-decyzyjne, jak również procesy współdziałania decydentów przy realizacji celu systemu.

Niezależnie od charakteru, rodzaju i przeznaczenia gier wszystkie one charakteryzują się następującymi cechami:

- każda gra musi mieć sprecyzowany cel;
- uczestnikami gry są ludzie realizujący w tym procesie swoje zmieniające się cele i zaspokajający różnorodne potrzeby (zmienność ta wynika z niesprecyzowanego do końca układu preferencji graczy (wygrać, czy zremisować, czy zminimalizować przegraną), które "uaktywniają" się w zależności od sytuacji oraz od wyników kolejnych rozgrywek);
- każda gra odbywa się w zmienionych warunkach wyznaczonych przez interakcje z instytucjonalnym, społecznym, ekonomicznym, ekologicznym i technicznym otoczeniem. Charakter tych interakcji jest zmienny w czasie i uczestnikom gry może być w różnym stopniu znany;
- istnieją względnie stałe reguły gry, nie zawsze w jednakowym stopniu opanowane przez wszystkich uczestników gry;
- wartość wyniku gry jest dla wszystkich jej uczestników nieprzewidywalna, co więcej cenność tego wyniku jest różna;
- uczestnicy angażują się psychicznie w grę ze zmienną intensywnością co jest zarówno funkcją przebiegu gry jak i zmiennych predyspozycji uczestników gry;
- uczestnicy gry mogą tworzyć zmienne koalicje;
- uczestników gry cechować mogą określone motywacje, emocje i niekiedy pozorne irracjonalne działania;
- warunkiem prawidłowego przebiegu gry jest wspólny język jej uczestników. Język ten nie zawsze jest jednak w tym samym stopniu opanowany przez wszystkich. Co więcej w trakcie przebiegu gry może on ulegać zmianom. Dzieje się to w wyniku działań określonych mianem "szulerstwo";
- każda gra ma pewną dramaturgię i określone reguły, które mogą być jednak łamane w trakcie gry;
- każda gra powinna być realistyczna i wiarygodna;

– gra jest o sumie niezerowej, czyli wygrana jednego z uczestników gry nie musi być koniecznie przegraną innego.

Przedstawione cechy gier nie wyczerpują z pewnością całego zbioru możliwych cech. Wydaje się jednak, że przy obecnym stanie wiedzy z zakresu psychologicznych i socjologicznych uwarunkowań działania człowieka w złożonych sytuacjach problemowych, a także z zakresu projektowania i wykorzystania gier kierowniczych, są to cechy najistotniejsze. Szczegółowa analiza wyżej wymienionych cech pozwala sformułować tezę, że szeroko rozumiana gra (gra społeczna, kierownicza, wojenna) stanowić może PARADYGMAT SYSTEMU DZIAŁANIA.

2.2. Kryteria klasyfikacji gier kierowniczych (wojennych)

Gry kierownicze, podobnie jak i gry wojenne klasyfikowane mogą być wg różnych, często dość licznych kryteriów. Analiza proponowanych przez autorów wielu prac kryteriów klasyfikacji gier, jak również charakterystyka znanych autorom różnych typów gier kierowniczych, a wojennych w szczególności, pozwalają na wypracowanie w miarę ogólnego modelu klasyfikacji gier z punktu widzenia między innymi:

– przeznaczenia;
– specyfiki systemu będącego przedmiotem gry;
– zakresu i poziomu odwzorowywanych procesów zarządzania (dowodzenia);
– stopnia złożoności modelowanych procesów zarządzania (dowodzenia);
– metod i sposobów modelowania;
– metod oceny rezultatów gry;
– struktury kolektywów biorących udział w grze;
– zakresu i stopnia kompletności informacji o stanie modelowanego systemu i jego otoczenia, udostępnionych uczestnikom przed rozpoczęciem i w trakcie przebiegu gry;
– stopnia współdziałania uczestników gry w procesie realizacji celu modelowanego systemu;
– czasu trwania gry;
– sposobu informowania uczestników gry oraz zakresu i możliwości reagowania przez nich na różne "krytyczne" sytuacje w czasie przebiegu gry;
– cech uczestników gry;

- rodzaju i wysokości stawek gry;
- charakteru koalicyjności gry;
- rodzaju reguł gry.

Sformułowane kryteria odnoszą się zarówno do gier kierowniczych jak i wojennych. Dlatego też, w dalszych częściach pracy używać będziemy po prostu określenia gra, mając na uwadze oba te rodzaje gier.

Gry z punktu widzenia przeznaczenia można podzielić na:

- dydaktyczne;
- naukowo-badawcze;
- praktyczne;
- uniwersalne.

Gry dydaktyczne przeznaczone są do nauczania i doskonalenia umiejętności kierowniczych (dowódczych), niezbędnych do właściwego kierowania (dowodzenia) złożonymi systemami w różnych, czasami ekstremalnie trudnych warunkach. Zaś gry o charakterze naukowo-badawczym przeznaczone są do badania sposobu funkcjonowania systemów działania będących przedmiotem gry. Najmniej liczny zbiór gier w sensie zakresu i stopnia ich wykorzystania stanowią gry mające charakter praktycznie-użytecznego narzędzia oceny efektywności i prognozowania przebiegu funkcjonowania systemu działania będącego przedmiotem gry. Najczęściej tego typu gry stanowią integralny element informatycznego systemu zarządzania (dowodzenia) określonego systemu działania - np. ADVICE i uruchamiane są każdorazowo przed rzeczywistym zadziałaniem systemu. W latach np. II wojny światowej, gry wojenne przeprowadzano przed wszystkimi ważniejszymi operacjami, traktując je jako praktyczne narzędzie służące do formułowania i sprawdzania koncepcji prowadzenia przyszłych bitew i operacji. Taki sposób wykorzystania gier wojennych nabrał w działalności szkoleniowej dowództw i sztabów charakteru zasady.

Współcześnie charakterystyczna jest tendencja do projektowania gier mających charakter uniwersalny tzn. możliwych do zastosowania zarówno w sferze dydaktycznej, naukowo-badawczej, jak i działalności praktycznej. Projektowanie gier o uniwersalnym przeznaczeniu stało się możliwe głównie dzięki pełniejszemu wykorzystaniu możliwości obliczeniowych współczesnych komputerów, które w sposób zdecydowany ułatwiają gromadzenie i interaktywne przetwarzanie dużych zbiorów informacji, niezbędnych w procesie funkcjonowania gry.

Charakter i specyfika systemu działania będącego przedmiotem gry, pozwalają na wyróżnienie gier o różnym problemowym lub tematycznym zorientowaniu. Podstawą takiego podziału jest przede wszystkim charakter i specyfika procesów roboczych, a w mniejszym stopniu procesów informacyjno-decyzyjnych. Dokonywany zwykle z tego punktu widzenia podział gier ma często charakter umowny, jako że nie zawsze w sposób jednoznaczny potrafimy zidentyfikować wykluczające się obszary procesów roboczych. Przykładem takiego rodzaju gier może być ich podział na gry ekonomiczno-społeczne, polityczne i wojenne.

Z punktu widzenia zakresu i poziomu odwzorowywanych procesów zarządzania (dowodzenia) gry w obszarze zastosowań wojskowych podzielić można na gry strategiczne, operacyjne i taktyczne, natomiast w obszarze zastosowań pozamilitarnych na gry przeznaczone dla centralnych, średnich i najniższych ogniw systemu zarządzania.

Zakres uwzględnianej w grze problematyki zarządzania (dowodzenia) zarówno w płaszczyźnie funkcjonalnej jak i organizacyjnej, pozwala na przeprowadzenie bardziej szczegółowego podziału, czego przykładem w zakresie gier wojennych może być podział na gry obejmujące poszczególne rodzaje sił zbrojnych, wojsk, służb, a także poszczególne ogniwa ich hierarchicznego systemu dowodzenia. I w tym sensie można mówić o grach jedno lub wieloszczeblowych.

Stopień złożoności modelowanych procesów zarządzania (dowodzenia) pozwala na wyróżnienie gier mających charakter sytuacyjny, funkcjonalny lub kompleksowy.

Gry sytuacyjne przeznaczone są do analizy sposobu funkcjonowania systemu działania w ściśle określonych sytuacjach (np. działanie związku taktycznego w czasie odpierania kontrataku brygadowego, działanie artylerii w czasie wsparcia nacierających wojsk itp.).

Gry funkcjonalne, a w szczególności kompleksowe, odwzorują zbiór wszystkich możliwych stanów systemu działania. Oznacza to, że umożliwiają one zasymulowanie działania systemu w szerokim zakresie zmian stanów i sytuacji. Przykładem tego typu gier może być komputerowa gra wojenna ogólnowojskowego związku taktycznego będąca treścią kolejnego rozdziału. Umożliwia ona bowiem odwzorowanie (zasymulowanie) wszystkich rodzajów i form działań bojowych ogólnowojskowego związku taktycznego w szerokim zakresie zmian warunków zewnętrznych (teren, nieprzyjaciel, sąsiedzi) i wewnętrznych (struktura organizacyjna, uzbrojenie) oraz parametrów opisujących przebieg działań bojowych (czas rozpoczęcia, rodzaje i sposoby realizacji zadań bojowych).

Metody i sposób modelowania systemu będącego przedmiotem gry są jednym z

ważniejszych wskaźników podziału gier. Biorąc za podstawę sposób modelowania wyróżnić możemy następujące rodzaje gier:

- ręczne (tradycyjne);
- komputerowe;
- maszynowe;
- mieszane.

Przedstawiony podział przeprowadzony jest głównie z punktu widzenia rodzaju środków użytych do odwzorowania procesów realizowanych przede wszystkim w podsystemie roboczym danego systemu działania.

W grach o ręcznym sposobie modelowania, podstawowymi środkami umożliwiającymi odwzorowanie procesów roboczych (walki) są stoły plastyczne, mapy i makiety, a odwzorowanie procesów walki przebiega zwykle w umysłach członków zespołu podgrywającego.

W grach zaś komputerowych, zjawiska i procesy realizowane w podsystemie roboczym odwzorowuje się w postaci programów i komputerowych.

Gry maszynowe w odróżnieniu od gier ręcznych i komputerowych charakteryzują się tym, że wybrane zjawiska i procesy pola walki odwzorowywane są za pomocą specjalistycznych urządzeń technicznych zwanych symulatorami pola walki*.

Ostatni rodzaj gier, aktualnie uważany za najbardziej efektywny łączy w sobie wszystkie trzy sposoby modelowania.

Rodzaj zastosowanej w danej grze metody modelowania przesądza o symulacyjnym lub analitycznym charakterze modelu systemu będącego przedmiotem gry. Autorzy wielu prac z zakresu gier kierowniczych bardzo często dynamiczny charakter modelu wykorzystywanego w grze utożsamiają z symulacyjnym charakterem gry, jako metody badania systemów. Pogląd taki jest całkowicie błędny i wynika z niezrozumienia istoty symulacji jako metody badania systemów. O symulacyjnym charakterze gry decyduje bowiem przede wszystkim symulacyjny charakter użytego w nim modelu, a następnie sposób prowadzenia eksperymentu growego (5). Jeżeli symulacyjny charakter gry uwarunkowany jest tylko i wyłącznie specyfiką eksperymentu growego, a nie symulacyjnym charakterem modelu systemu, to możemy

---

* Interesującą koncepcję rozwoju symulatorów pola walki przedstawiono w: Flight Interv. 36/1978 i Aviation Week and Space Technology 19/78 vol 109.

powiedzieć, że gra ma charakter pozornie symulacyjny. Gra w których wykorzystane modele mają charakter symulacyjny nazywać będziemy grami symulacyjnymi.

Metody oceny uczestników gry i uzyskiwanych przez nich rezultatów pozwalają na wyodrębnienie między innymi takich rodzajów gier jak:

- gry swobodne;
- gry sztywne;
- gry półsztywne.

Gry swobodne charakteryzują się tym, że ocena uczestników gry i osiąganych przez nich rezultatów zależy tylko i wyłącznie od doświadczenia, rozwagi i obiektywności aparatu kontrolnego i rozjemczego. W grach sztywnych natomiast, ocena przebiega w oparciu o sformalizowane, mniej lub bardziej adekwatne procedury oceny. Procedury te wypracowywane są często na podstawie analiz prowadzonych w przeszłości działań bojowych czy też aktualnych ćwiczeń z wojskami i badań poligonowych systemów uzbrojenia. Najczęściej spotykanym rodzajem gier są tzw. gry półsztywne, w których ocena obejmuje procesy właściwe zarówno dla gier swobodnych jak i sztywnych.

Różne struktury kolektywów (uczestników) biorących udział w grze pozwalają na wyodrębnienie gier jednostronnych, dwustronnych i wielostronnych.

Podział gier ze względu na zakres i stopień kompletności informacji o stanie modelowanego systemu i jego otoczenia (w przypadku gier wojennych mamy na myśli przede wszystkim informacje rozpoznawcze), udostępnionych uczestnikom przed rozpoczęciem i w trakcie przebiegu gry, obejmuje między innymi następujące rodzaje gier:

- gry odkryte;
- gry zakryte;
- gry o zmiennym w czasie zakresie informowania uczestników gry.

Gry w których każda z biorących udział w grze stron posiada pełny dostęp do informacji o stanie, planach i zamierzeniach strony przeciwnej oraz sąsiadów, przyjęto nazywać grami otwartymi. Jeżeli natomiast uczestnicy gry nie znają posunięć partnerów, a jedynie skutki posunięć przeciwnika oraz jeżeli zakres dostarczanej uczestnikom gry informacji uzależniony jest od rzeczywistych możliwości środków zdobywania (rozpoznania), przesyłania i dostarczania informacji, to taki rodzaj gier nazywamy zakrytymi.

Bardzo częstgo, aby zapewnić realizację celu gry stosuje się trzeci sposób udostępniania informacji. Istota jego polega przede wszystkim na tym, że zakres i stopień

kompletności informacji dostarczanych uczestnikom gry, uzależnione są tylko i wyłącznie celem gry i każdorazowo zależą od konkretnej sytuacji decyzyjnej.

Jedną z istotnych charakterystyk gier jest stopień i zakres współpracy pomiędzy uczestnikami gry w trakcie jej przebiegu. Gry w których istnieje nieograniczona możliwość współdziałania uczestników gry nazywać będziemy grami aktywnymi w przeciwieństwie do gier pasywnych, w których nie istnieje rzeczywiste współdziałanie uczestników gry.

Właściwe wykorzystanie możliwości współczesnych systemów komputerowych (wieloprogramowość, prace w reżimie czasu rzeczywistego i inne) w procesie funkcjonowania gry powoduje, że gry nabierają również aktywnego charakteru w zakresie sposobów informowania uczestników gry i możliwości reagowania przez nich na zaistniałe krytyczne sytuacje w modelowym systemie działania. Te gry komputerowe w których na bieżąco, w dowolnych lub ustalonych momentach czasu uczestnicy gry mogą informować się i są infomowani o stanie modelowanego systemu, a także mogą wpływać na przebieg funkcjonowania modelowanego systemu nazywamy grami interaktywnymi. Taki charakter aktywności gier właściwy jest praktycznie dla gier komputerowych. Interaktywność to taka z cech gier komputerowych, która nadaje im bardziej użytecznego charakteru.

Charakter koalicyjny ugrupowań uczestników gry pozwala na wyróżnienie gier o jawnym, półjawnym lub ukrytym charakterze koalicji.

Przedstawiony podział gier byłby niepełny bez uwzględnienia istotnych cech zarówno uczestników jak i reguł gry. Na podkreślenie zasługują między innymi takie cechy uczestników gier jak skłonność do ryzyka, szybkość orientacji, umiejętność dobrego wykorzystania posiadanych informacji, doświadaczenie i umiejętność uczenia się, czyli wyciągania wniosków z porażek, posiadania specjalistycznej wiedzy. W zakresie reguł gry interesujące mogą być takie ich cechy jak stopień wewnętrznej spójności, stopień zgodności z odczuciami moralnymi uczestników gry, jednoznaczność reguł gdy, czyli możliwość ich wielorakiej interpretacji, surowość czyli kompletność reguł gry ze względu na zachowanie się graczy.

Najwyższy stopień wewnętrznej spójności reguł gry jest w grach zalgorytmizowanych typu szachów, a w zarządzaniu (dowodzeniu) tam, gdzie mamy do czynienia z decyzjami programowalnymi. Całkowita niespójność reguł uniemożliwia grę, sprowadzając zachowanie uczestników procesu do incydentalnych reakcji na bodźce odbierane jako całkowicie przypadkowe. Możliwy jest jednak szereg stanów pośrednich wynikających ze zmian lub

okresowego "zawieszenia" pewnych reguł gry. Jest to sytuacja typowa dla procesu zarządzania (dowodzenia).

Surowość reguł, czyli ich kompletność uwarunkowana jest tym, jakie aspekty zachowania graczy są przedmiotem oddziaływania reguł. Należy zaznaczyć, że są gry, w których wszystkie aspekty zachowania graczy są przedmiotem oddziaływania reguł i takie, gdzie reguły gry dotyczą tylko nielicznych zachowań uczestników. Surowsze są reguły gry w organizacjach wysoce sformalizowanych.

W sensie tak przyjętego zbioru kryteriów klasyfikacji gier, przedmiotem opracowania jest dwustronna, wieloszczeblowa, komputerowa, symulacyjna, interaktywna, kompleksowa i uniwersalna gra wojenna ogólnowojskowego związku taktycznego o zmiennym w czasie zakresie informowania uczestników i półsztywnych regułach oceny gry.

2.3. Charakterystyka podstawowych kategorii gier kierowniczych

Jedną z ważniejszych kategorii gier kierowniczych jest kategoria r ó l spełnianych w grze przez jej uczestników. Role growe to zalecane indywidualnym uczestnikom gry lub też określonym ich grupom prawa i obowiązki, których ilość i charakter wynika w określonym stopniu z zadań i obowiązków jaki spełniają oni w warunkach funkcjonowania systemu rzeczywistego lub spełnić mogą w systemie hipotetycznym.

Role spełniane w grze to reprezentacja niektórych rzeczywistych lub hipotetycznych ról w warunkach symulacyjnego eksperymentu growego. Przy precyzowaniu ról dla uczestników gry należy dążyć do w komponowania w nie elementów zainteresowania najbardziej efektywnym przebiegiem i rezultatem gry, przy jednoczesnym zapewnieniu satysfakcji z uczestnictwa w niej.

Istotą gier kierowniczych jest to, że w procesie ich realizacji uczestniczy człowiek jako aktywny element modelowanego systemu. Udział człowieka w grze zwanego g r a c z e m, stwarza wyjątkowe możliwości w zakresie wykorzystania potencjału intelektrualnego i stymulowania jego działania na najbardziej twórczy udział w grze (w symulacyjnym eksperymencie growym). Należy przy tym jednak zaznaczyć, że przebieg gry może być efektywny tylko wówczas, jeśli gracze przejawiać będą w niezbędnym stopniu dwuplanowość zachowania, która zależy przede wszystkim od "wczucia" się graczy w specyfikę spełnianych przez nich ról. Zbiór growych ról odwzorowuje formalną strukturę systemu będącego

przedmiotem gry. Gracze poprzez spełnienie określonych ról (zajmowanie określonego miejsca w formalnej strukturze systemu) tworzą tzw. laboratoryjną kulturę gry łącznie z nieformalną strukturą organizacji gry.

Zewnętrzna dwuplanowość zachowania się graczy w eksperymencie growym przejawia się w dwóch typach działalności: w działalności growej i w działalności w związku z grą /z powodu gry)m D z i a ł a l n o ś ć g r o w a to działalność związana z funkcjonowaniem graczy jako aktywnych elementów modelowanego systemu działania. D z i a ł a l n o ś ć w z w i ą z k u z g r ą urzeczywistnia się zarówno przed rozpoczęciem gry (np. wypełnianie ankiet nt. charakteru gry i badanego w symulacyjnym eksperymencie growym problemu) w jej trakcie (np. wymiana uwag i spostrzeżeń pomiędzy graczami, a ekspertami czy też organizatorami gry odnośnie przebiegu gry i badanego w niej problemu), a także po zakończeniu gry (np. formułowanie ocen w zakresie efektywności gry). Działalność w związku z grą jest jednym z ważniejszych typów działalności graczy w symulacyjnym eksperymencie growym i powinna być zgodna z ogólną koncepcją przebiegu gry.

W procesie realizacji gry jedną z najważniejszych funkcji spełniają r e g u ł y g r y należąc równocześnie do podstawowych kategorii gier. Charakter reguł gry decyduje o przebiegu i charakterze całej gry.

Analiza i odwzorowanie szeroko rozumianych procesów informacyjnych realizowanych w systemie rzeczywistym, warunkuje określenie przepływu informacji w trakcie przebiegu gry i w określonym stopniu opracowanie modelu systemu. Natomiast analiza procesów decyzyjnych i związanych z nimi informacji pozwoli na opracowanie reguł gry.

Reguły gry odzwierciedlają stosunki między ludźmi, a bardziej dokładnie między elementami systemu w modelowanych (rozgrywanych) sytuacjach i są pewnego rodzaju ograniczeniami w ramach których uczestnicy gry mogą przejawiać indywidualne możliwości. Reguły gry określają prawa i obowiązki uczestników gry, ustalają zakresy podejmowanych przez nich decyzji oraz sposób przygotowania danych wejściowych do symulacyjnych programów komputerowych i wykorzystania wyników ich realizacji, a także określają bardzo często sposoby i metody oceny wyników i uczestników gry.

Dokładność opracowania formalnych reguł gry nie powinna wykluczać swobody indywidualnego postępowania uczestników gry. Oprócz tego reguły gdy powinny stymulować rozwój twórczego myślenia, wybór efektywnych strategii itp. Ograniczenia nałożone na reguły gry nie powinny być zbyt ścisłe, ale jednocześnie przy konstrukcji gry nie należy pozostawiać

pełnej swobody uczestnikom gry (w systemie rzeczywistym są to ograniczenia o charakterze norm i zarządzeń).

Opracowując w oparciu o zbiór możliwych i dopuszczalnych zachowań decydentów systemu rzeczywistego reguły gdy, należy dążyć do tego aby sytuacje w jakich znajdują się gracze nie były uproszczone do tego stopnia, by można było rozwiązywać je bez głębszej ich analizy.

Oprócz wymienionych już kategorii gier kierowniczych, należy również zwrócić uwagę na s y m u l a c y j n y m o d e l o t o c z e n i a systemu będącego przedmiotem gry. Symulacyjny model otoczenia systemu obiektywizuje niejako i właściwie ukierunkowuje proces rozwiązywania badanego w danej grze problemu. Rezultaty funkcjonowania symulacyjnego modelu otoczenia systemu odwzorowane są między innymi w dynamice i n f o r m a c y j n e g o s y s t e m u g r y. System informacyjny gry obejmuje treść i strukturę oraz sposoby przetwarzania (zbierania, przechowywania, udostępniania, uaktualniania) informacji o elementach, zjawiskach modelu systemu i jego otoczenia. Przy czym informacje te mają charakter zarówno informacji sytuacyjnych, jak i decyzyjnych. Tak interpretowany informacyjny system gry jest w określonym stopniu odwzorowaniem podsystemu informacyjnego systemu działania , będącego przedmiotem gdy. Przeznaczony jest głównie do udostępniania graczem bieżącej informacji o stanie modelowanego systemu, jak również umożliwia ocenę osiąganych przez nich rezultatów. Informacyjny system gry, poprzez właściwy jemu sposób funkcjonowania, stwarza także określone ograniczenia dla uczestników gry w zakresie wzajemnego między sobą współdziałania.

Gra (growy symulacyjny eksperyment) przebiega zgodnie z określonym g r o w y m c z a s e m. Zwykle czas ten jest skomprymowany w porównaniu z czasem astronomicznym, co stwarza wiele ułatwień w zakresie prowadzenia labortoryjnego, symulacyjnego eksperymentu growego. Zgodnie z growym czasem uczestnikom gry udostępniana jest poprzez informacyjny system gry, informacja o s t a n i e m o d e l o w a n e g o s y s t e m u i j e g o o t o c z e n i a. Otoczenie systemu nie ma charakteru jednorodnego. Niejednorodność ta wyraża się zarówno w różnorodności elementów składających się na otoczenie (w grach wojennych są to zwykle teren, nieprzyjaciel oraz siły i środki szczebla nadrzędnego i sąsiadów), jak i w różnorodności żądań i oczekiwanych zgłoszeń pod adresem systemu. Pomiędzy elementami otoczenia oraz

emitowanymi przez nie żądaniami i oczekiwaniami lub choćby atrybutami tych elementów (np. wielkość, cechy jakościowe) zachodzić mogą skomplikowane i różnorodne relacje. Mogą to być na przykład relacje konfliktu, sprzeczności, współpracy, podporządkowania, wzajemnego uzgodnienia, następstwa w czasie itp.

Istotnym elementem gry jest stopień, w jakim gracze znajdujący się wewnątrz systemu mogą przewidywać stany otoczenia. Niska predyktywność otoczenia sprzyja "nerwowości" gry. Wyraża się to w dążeniu do realizacji zasady: "wszystko i teraz", co oznacza w praktyce wygórowane żądania zasileń. Sytuacja taka zachodzi wówczas, gdy otoczenie jest różnorodne, wysoce niespójne.

Analiza funkcjonowania systemu i jego otoczenia oraz pełna identyfikacja możliwych sytuacji w obszarze funkcjonowania podsystemów zarządzania (dowodzenia) i wykonawczego (walki) pozwolą na sprecyzowanie szeroko rozumianego opisu wariantów działań systemu. Na bazie tak zrozumianego opisu, stanowiącego swoistego rodzaju repertuar zachowań (historię) systemu, opracowujemy s c e n a r i u s z g r y, który można interpretować jako jeden z epizodów wspomnianego opisu. Scenariusz gry jest tym elementem, który jej uczestnikom determinuje sytuację początkową, precyzuje ogólne tło działania systemu i ukierunkowuje ich na poznanie tylko wybranych obszarów i aspektów funkcjonowania systemu. Scenariusz i reguły gry, a także symulacyjny model otoczenia odwzorowują tzw. systuację eksperymentalną

Jedną z ważniejszych kategorii gier obok wcześniej już wymienionych jest s y s t em m o t y w a c j i g r a c z y. Dokładne rozprcowanie tej kategorii gry jest współcześnie znaczenie utrudnione, co spowodowane jest głównie niedostatecznym poziomem prac prowadzonych w ramach psychologii nt. motywacji zachowań człowieka. Niemniej jednak włączenie kategorii motywacji do systemu kategorii gry, przy ciągle jeszcze niedostatecznej wiedzy w tym zakresie, wydaje się absolutnie niezbędnym. Przeświadczenie takie formułowane jest na podstawie negatywnych praktycznych doświadczeń z symulacyjnymi grami, w których system motywacji graczy był niewłaściwie rozumiany i niedoceniany. Wszystkie metodyczne zalecenia w zakresie projektowania i wykorzystania gier, w których do systemu motywacji graczy nie przywiązuje się większej wagi, skazane są na niepowodzenia. W literaturze dotyczącej gier symulacyjnych, przy opisie systemu motywacji graczy, brane są pod uwagę następujące czynniki:

– dążenie do wykonania postawionego przed graczem zadania (uświadomienie potrzeb

pracy);

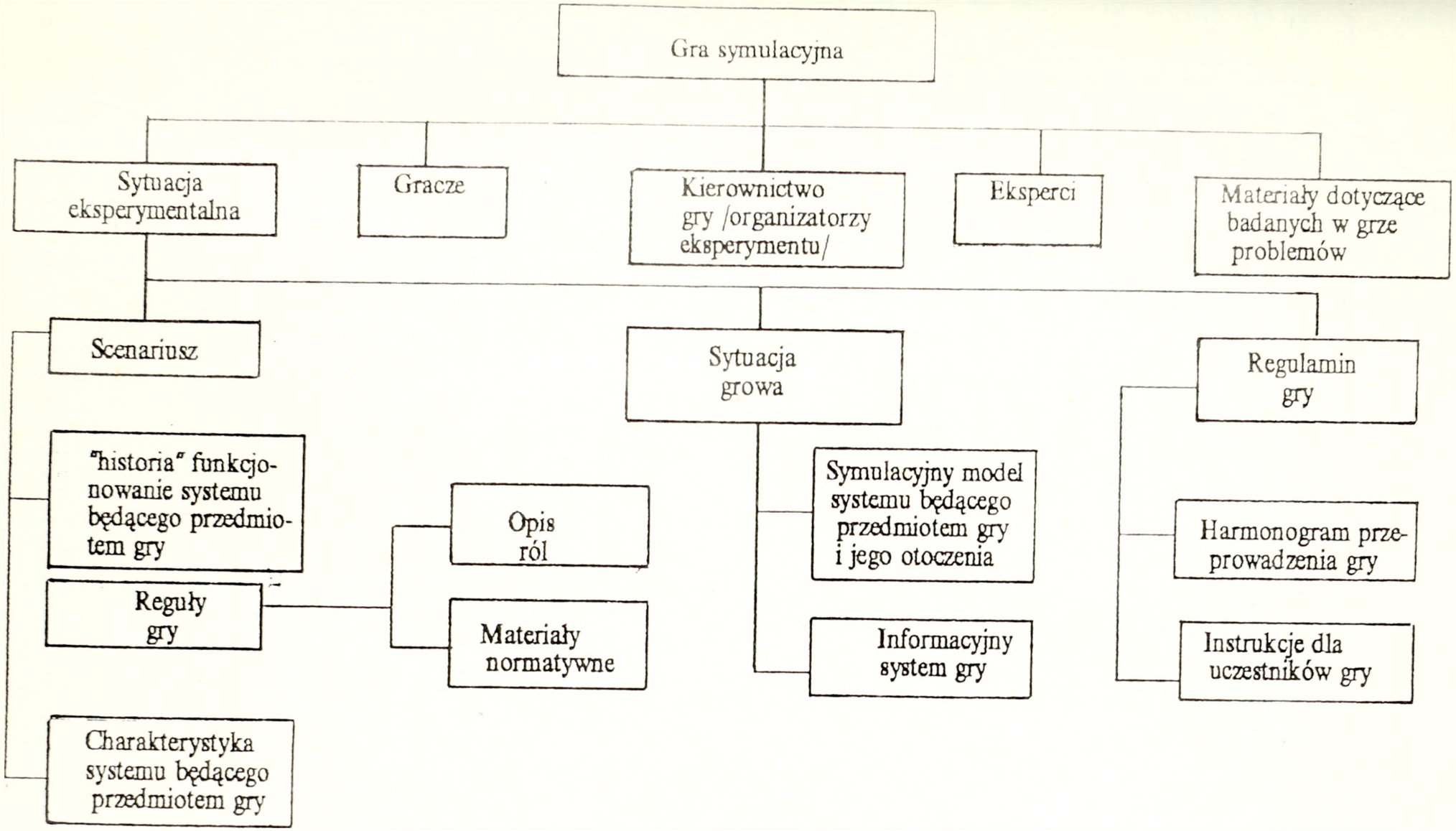
- dążenie do zapoznania się z nieznanymi dotąd mechanizmami gry (dążenie do growej działalności);
- dążenie poprzez udział w grze do zwiększenia swojego doświadczenia i odpowiedniego zasobu wiedzy, a tym samym dążenie do doskonalenia swoich umiejętności;
- materialny motyw gracza (wynagrodzenie za udział w grze lub (i) uzyskanie takich materialnych wygód, które związane są z uzyskanym w wyniku udziału w grze doświadczeniem i wiedzą);
- dążenie do niezależności;
- dążenie do oddziaływania na innych;
- chęć bycia osobą szanowaną (uznawaną);
- dążenie do społecznych kontaktów;
- dążenie do lojalności tzn. podporządkowania się normom lub autorytetom innych.

Analiza wymienionych czynników pozwala na sformułowanie tezy, że system motywacyjny uczestników gry jest zbiorem motywacyjnych czynników, z których każdy charakteryzuje się swoją siłą i powiązaniami z innymi czynnikami. System motywacyjny graczy w każdej symulacyjnej grze zależy zarówno od charakteru eksperymentalnej sytuacji growej oraz od ilości i zachowań graczy oraz ekspertów. Zbiór czynników motywacyjnych, opisujących zachowanie człowieka w codziennej działalności różni się od zbioru motywacyjnych czynników funkcjonujących w grze. Chociaż zbiory te mogą być częściowo wspólne, to jednak w zbiorze motywacyjnych czynników graczy nie istnieją zwykle tak ważne czynniki jak pozycja społeczna, dochody pieniężne, zadowolenie zawodowe itp. Nie jest to jednak żadnym mankamentem symulacyjnych gier kierowniczych. A wręcz przeciwnie, pozwala to na zdjęcie z uczestników gry (decydentów) ciężaru rzeczywistej odpowiedzialności za podejmowane decyzje, jak również stwarza szerokie możliwości eksperymentowania. System motywacji graczy powinien także w niezbędnym stopniu zabezpieczyć dwuplanowość zachowań graczy w taki sposób, aby zachowania te nie były sprzeczne z sobą. Bowiem, jak wynika z doświadczeń wielu zespołów projektowych, jednoplanowość zachowań tzn. takie zachowanie graczy, w którym cała ich działalność koncentruje się na działalności growej jako takiej, jest bardzo niebezpieczna. Projektanci gier symulacyjnych często sądzą, że system motywacji graczy można formułować niejako poprzez określenie celu, który gracze powinni osiągnąć w symulacyjnym eksperymencie growym. Podejście takie, jak się okazuje jest

błędne, a wynika ono często z przyjęcia założenia, że system motywacji graczy można dowolnie formułować oraz, że realizacja celów gry powoduje zmniejszenie ilości czynników motywacyjnych do jednego wskaźnika jakościowego. Na system motywacji graczy można wpływać poprzez odpowiednią konstrukcję eksperymentalnej sytuacji growej, właściwy dobór uczestników gry i stosowane oddziaływanie na nich przez rozpoczęciem, jak i w trakcie przebiegu gry. W przypadku sprzeczności pomiędzy systemami motywacji poszczególnych graczy i niemożliwości uniknięcia ich w danym momencie czasu (np. poprzez zmianę sytuacji growej czy też zmianę wybranych uczestników gry) z prowadzenia symulacyjnego eksperymentu growego należy zrezygnować. System motywacyjny graczy w sposób zasadniczy wpływa na treść laboratoryjnej k u l t u r y g r y. Laboratoryjna kultura gry powstaje niezależnie do tego czy gracze spełniają rolę mające, nazwijmy to charakter hipotetyczny, czy też spełniają role analogiczne do ról spełnianych przez nich w systemie rzeczywistym.

Interesującym z punktu widzenia metodologicznego i to zarówno w zakresie projektowania, jak i wykorzystania gier kierowniczych, mógłby być przykład konkretnej gry, w której uwzględnionoby wpływ systemu motywacji graczy na przebieg gry z pokazaniem metod oddziaływania na system motywacji graczy, w celu jego zmian pożądanych z punktu widzenia realizacji celu growego eksperymentu. Z przykrością należy stwierdzić, że w bogatej literaturze przedmiotu brak jest tak pełnego opisu gry. Świadczy to między innymi również o tym, że do problemów motywacyjnego systemu graczy nie przywiązywano przez wiele lat większej uwagi. Należy sądzić, że podjęte w ostatnich latach prace, głównie o charakterze interdyscyplinarnym w ramach teorii gier, przyczynią się do zlikwidowania powstałej w tym względzie luki.

Szczegółowa analiza wymienionych kategorii gier, a także licznych związków i współzależności występujących pomiędzy nimi oraz wyniki doświadczeń wielu zespołów projektujących w zakresie wykorzystania gier symulacyjnych, pozwalają na sprecyzowanie struktury funkcjonalnej gry symulacyjnej, której podstawowe elementy przedstawiono na rys. 1.



Rys.1 Elementy struktury funkcjonalnej gry symulacyjnej

3. KOMPUTEROWA GRA WOJENNA

Gry wojenne jako metoda doskonalenia kadr dowódczo-sztabowych i rozwiązywania złożonych problemów sztuki wojennej stanowią integralny element funkcjonowania sił zbrojnych. Na przestrzeni ostatnich lat przeszły one swoistego rodzaju ewolucję od gier nazwijmy to tradycyjnych, poprzez gry komputerowo wspomagane, aż do gier komputerowych włącznie.

Podstawową przyczyną takiego rodzaju przeobrażeń gier wojennych była konieczność uczynienia z nich efektywniejszego narzędzia dydaktycznego i naukowo-badawczego.

Tradycyjne gry wojenne w wyniku postępującej ciągle złożoności systemów walki nie zawsze odpowiadają potrzebom nauki wojennej i praktyki dowódczo-sztabowej. Zakres i stopień szczegółowości odwzorowywanych w nich zjawisk, elementów i procesów pola walki jest często nieadekwatny do stopnia złożoności współczesnych systemów działań bojowych, a przyjmowane w procesie ich opracowania i wykorzystania założenia i ograniczenia mają często charakter subiektywny i są głównie wynikiem logicznego myślenia, intuicji i nagromadzonego doświadczenia, co przy ograniczonej możliwości wykorzystania metod precyzyjnych np. modelowania matematycznego, nie zawsze zapewnia pożądaną użyteczność opracowanej gry.

Przełomowym wydarzeniem, które spowodowała jakościowo nowe zmiany w sposobie opracowania, w charakterze i zakresie wykorzystania gier wojennych było pojawienie się techniki komputerowej.

W wyniku bowiem jej zastosowania, a także twórczego wykorzystania na gruncie sztuki wojennej dorobku takich dyscyplin jak cybernetyka, informatyka, analiza systemowa, modelowanie matematyczne i inne, gry wojenne zaczęły nabierać charakteru gier komputerowych, gier które w coraz większym stopniu spełniają wymagania jakie formułuje się współczesnym, nowoczesnym narzędziom dydaktycznym, naukowo-badawczym i środkom praktycznego doskonalenia kadr dowódczo-sztabowych.

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

Pomimo znacznego w ostatnich latach dorobku w zakresie teoretycznych podstaw projektowania komputerowych gier wojennych, **istnieją ciągle znaczne różnice poglądów**

co do istoty, treści, **struktury i sposobu ich wykorzystania.**

Biorąc pod uwagę wyniki prowadzonych aktualnie badań, w rezultacie, których przyjęto traktować grę jako paradygmat systemu działania, proponuje się przyjąć następującą definicję komputerowej gry wojennej.

Komputerowa gra wojenna (KGW) to wielowariantowy model funkcjonowania określonego systemu walki (np. typu oddział, ZT, związek operacyjny) oraz jego otoczenia (teren, wspierające i przydzielone siły i środki szczebla nadrzędnego, wojska nieprzyjaciela i sąsiadów) w sytuacji konfliktowej typu walka zbrojna, w którym zasadnicze elementy, zjawiska i procesy realizowane w jego podsystemie działań bojowych odwzorowano w postaci symulacyjnych programów komputerowych, natomiast elementy, zjawiska i procesy realizowane w jego podsystemie dowodzenia odwzorowano na tej samej bazie materiałowej co w systemie rzeczywistym.

Te zaś zjawiska, procesy i elementy podsystemu działań bojowych, które nie uwzględniono w symulacyjnych programach komputerowych, odwzorowuje się stosownie do celu, charakteru i przeznaczenia gry poprzez wykorzystanie zespołów podgrywających.

Z przedstawionej definicji wynika, że do istotnych cech komputerowej gry wojennej zaliczyć należy między innymi to, że:

1° istota, treść i struktura realizowanego w grze procesu dowodzenia jest identyczna jak w tradycyjnych grach wojennych.

– oznacza to między innymi, że:

a) aktywnym elementem KGW jako modelu walki są ludzie – uczestnicy gry, których udział w grze umożliwia automatyczne odwzorowanie wpływu ich wiedzy, doświadczenia, umiejętności dowódczych, a także często i racjonalnych zachowań na jakość podejmowanych decyzji, a w konsekwencji na przebieg działań bojowych.

b) decyzje dotyczące sposobu przygotowania i prowadzenia działań bojowych podejmowane są tylko i wyłącznie przez uczestników gry, tzw. w KGW nie funkcjonują programowo realizowane reguły podejmowania decyzji.

Takie elementy procesu dowodzenia jak: analiza zadania, ocena położenia, wypracowanie zamiaru, podjęcie decyzji pozostają domeną twórczej pracy dowódcy i sztabu. Zastosowanie

symulacji w tym procesie pozwoli zwielokrotnić twórcze możliwości dowódcy na każdym z wymienionych wyżej etapów. Rola dowódcy i jego sztabu w procesie zbierania i przetwarzania informacji oraz w wyborze optymalnego wariantu rozwiązania będzie decydująca.

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

2° Zjawiska, elementy i procesy walki odwzorowuje się poprzez wykorzystanie symulacyjnych programów komputerowych – oznacza to między innymi, że:

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

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

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

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

Z uwagi na wspomnianą złożoność, a także perspektywy jakie wiąże się z wykorzystaniem komputerowych gier wojennych, celowym wydaje się aby w niniejszym opracowaniu

przedstawić skalę zadań i problemów z jakimi możemy się spotkać w procesie jej projektowania i sformułowanie zasad dotyczących samego procesu projektowania.

Złożoność, pracochłonność i efektywność procesu projektowania komputerowych gier wojennych (KGW) uwarunkowana jest przede wszystkim specyfiką systemu będącego przedmiotem gry, przyjętą metodologią i metodami projektowania a także kwalifikacjami zespołu projektującego.

Podstawową metodą wykorzystywaną do modelowania systemów działań bojowych będących przedmiotem KGW jest m e t o d a s y m u l a c j i k o m p u t e r o w e j. Oprócz wielu powszechnie nie kwestionowanych zalet tej metody, podstawową jej wadą jest duża pracochłonność, co w sposób istotny wpływa na efektywność procesu projektowania KGW.

3.1. Model komputerowej gry wojennej.

Formalnie komputerową grę wojenną (KGW) można przedstawić w postaci:

$$\mathbf{KGW = < MS\ (SDzB),\ U,\ D,\ R,\ Sc >}$$

gdzie:

MS (SDzB) – model symulacyjny systemu działań bojowych;

$MS\ (SDzB) = < MSDzB_1, MSDzB_2, \ldots, MSDzB_n >$

gdzie:

$MSDzB_i$ – model symulacyjny działań bojowych i-tego rodzaju wojsk; np:

- i = 1 – ogólnowojskowy
- i = 2 – rozpoznanie
- i = 3 – wojska OPL

.

.

.

U – zbiór uczestników gry;

D – zbiór dopuszczalnych decyzji uczestników gry;

R – zbiór reguł decyzyjnych;

S_e – zbiór scenariuszy działania wojsk.

Powyższe ujęcie oznacza, że w KGW uczestnicy w warunkach określonych reguł decyzyjnych i przyjętego scenariusza działania podejmują decyzje realizowane za pomocą modelu symulacyjnego.

Dzięki komputerowej realizacji modelu skutki tych decyzji mogą być oceniane oraz stworzone sytuacje, które wymagają kolejnych decyzji.

Biorąc pod uwagę organizacyjno-techniczne warunki KGW, jak i zaproponowaną definicję możemy wyróżnić dwa podsystemy tworzące KGW, a mianowicie:

a) s y s t e m u ż y t k o w a n i a (SU), czyli zbiór uczestników gry i relacji między nimi, przy czym:

$$\mathbf{SU = < D_e, E, K, R_{dk}, R_{de}, R_{ek} >}$$

gdzie:

D_e – zbiór decydentów;

E – zbiór ekspertów

K – zbiór członków zespołu kierownictwa

R_{dk}, R_{de}, R_{ek} – zbiór relacji np. R_{dk} D_e x K

b) s y s t e m l i c z ą c y (SL), a w nim następujce elementy:

MS (SDzB) – symulator (model symulacyjny działań bojowych) – zbiór wzajemnie powiązanych procedur obliczeniowych;

BD – b a z a d a n y c h – czyli baza danych o SDzB i system zarządzania bazami danych;

SK – s y s t e m k o m u n i k o w a n i a się uczestników gier z zasobami komputera.

Ogólny model procesu symulacji można określić następująco:

$$\mathbf{M = < S, F >}$$

oraz odpowiadające jemu funkcje:

– funkcja zmiany systemu procesu:

$$F : T \times S \quad S$$

– funkcja chwili zmiany czasu:

$$t : T \times S \quad T$$

– funkcję procesu

$$f : T \times S \quad T \times S$$

taką, że

$$f(t, s) \dot{z} [\dot{I}(t, s), F(t, s)]$$

przy czym

$$< t,s > \quad T \times S$$

gdzie:

T – zbiór chwil czasu procesu walki;

S – zbiór stanów.

Realizacja modelu polega więc na generowaniu kolejnych stanów procesu:

$$(S_1, t_1) = f(S_o, t_o)$$

$$(S_2, t_2) = f(S_1, t_1)$$

$$(S_n, t_n) = f(S_{n-1}, t_{n-1})$$

a zatem symulacyjny model procesu walki można zdefiniować następująco:

$$MS(SDzB) = Obl(M, S_o, t_o)$$

gdzie:

M – algorytm symulacji procesu działań bojowych (walki)

Natomiast model podejmowania decyzji w KGW może przyjąć następującą postać:

$$M(SK) = < SK, K, K_k, D, V, T, V, E >$$

gdzie:

SK – zbiór stanów krytycznych procesu działań bojowych (walki);

K – zbiór komunikatów generowanych przez SL (meldunki okresowe i doraźne);

K_k – funkcja komunikatów o stanach krytycznych;

: SK K

D – funkcja decyzji

: K x T D

V – funkcje efektywności biorących udział w grze stron (uczestników gry)

: T x S V_1

: T x S V_2

$: T \times S \quad V_n$

E – funkcja efektywności kierownictwa gry

$$E = F(V_1, V_k)$$

4. PODSTAWY PROJEKTOWANIA KOMPUTEROWEJ GRY WOJENNEJ

4.1. Wprowadzenie

Proces projektowania gier kierowniczych, a w szczególności komputerowych gier wojennych jest przedsięwzięciem wielce złożonym i pracochłonnym. Doświadczenia wielu instytutów naukowo-badawczych, uczelni i akademii wojskowych zajmujących się problematyką projektowania komputerowych gier wojennych wskazują, że czas projektowania komputerowej gry kierowniczej (wojennej) przedmiotem której jest złożony system działania (działań bojowych) wynosi często od 3 do 5 i więcej lat. Tylko opracowanie i oprogramowanie kompleksowego modelu działań bojowych ogólnowojskowego związku taktycznego, będącego zasadniczym elementem komputerowej gry wojennej wymagało 8 lat pracy 12 osób (4 projektantów i 8 programistów)*. Nad podobnym modelem dla potrzeb szczebla frontowego pracowało 60 specjalistów przez okres 2 lat**.

Złożoność, pracochłonność i efektywność procesu projektowania komputerowych gier kierowniczych (wojennych) uwarunkowana jest przede wszystkim specyfiką systemu będącego przedmiotem gry, przyjętą metodologią i metodami projektowania, a także kwalifikacjami zespołu projektującego.

Przedmiotem gier są zwykle złożone systemy społeczne typu człowiek – technika, a metoda gier jest często jedyną w miarę użyteczną metodą ich badania. Złożoność systemów warunkuje niejako dobór adekwatnych do stopnia ich złożoności metod identyfikacji, opisu, modelowania oraz oceny ich funkcjonowania. Najczęściej są to metody wykorzystujące wyniki badań ankietowych i oceny ekspertów, wymagające licznych zbiorów informacji o elementach, zjawiskach i procesach badanego systemu. Przy czym bardzo często informacji tych nie można uzyskać bezpośrednio w rzeczywistych warunkach funkcjonowania systemu, a często także zebranie ich wymaga znacznego czasu.

---

* Zob. Materiały Międzynarodowej Konferencji nt. "Modelowania Procesów Walki" Praga, 1987 r.

** Wykład prof. Filara W. przeprowadzony w ramach cyklu seminariów nt. "Symulacyjne modelowanie walki i operacji" - listopad 1989 r.

Podstawową metodą wykorzystywaną do modelowania systemów działań bojowych będących przedmiotem komputerowej gry wojennej jest metoda symulacji komputerowej. Oprócz wielu powszechnie nie kwestionowanych zalet tej metody, podstawową jej wadą jest bardzo duża pracochłonność co w sposób istotny wpływa na efektywność procesu projektowania gier komputerowych. Wykorzystanie symulacji komputerowej do modelowania zjawisk i procesów walki wpływa po nadto na przebieg i charakter samego procesu projektowania KGW. Bowiem problemy jakie przychodzi rozwiązywać projektantom symulacyjnych modeli SDzB, wywierają istotny wpływ na technologię i metody projektowania KGW.

Metodologia i metody projektowania komputerowych gier kierowniczych (wojennych) są tymi elementami systemu projektującego, które proces projektowania czynią przede wszystkim wewnętrznie spójnym i wysoce zorganizowanym.

W dostępnej literaturze przedmiotu, przez wiele lat brak było prac traktujących o metodologicznych aspektach projektowania komputerowych gier kierowniczych i wojennych. Współcześnie czynione są pewne próby, mające często zasięg międzynarodowy, zmierzające do wypracowania początkowo zasad i zaleceń, a następnie metodologicznych wskazówek w zakresie projektowania, wykorzystania i dokumentowania komputerowych gier kierowniczych i wojennych. Wyrazem tych zamierzeń w obszarze projektowania komputerowych gier kierowniczych są między innymi organizowane międzynarodowe konferencje poświęcone problematyce badań symulacyjnych i gier komputerowych, a także utworzone w ostatnich latach międzynarodowe centra i stowarzyszenia badań symulacyjnych i prowadzenia gier komputerowych. Szczególną rolę w tym względzie spełnia Międzynarodowe Stowarzyszenie Gier Symulacji (ISAGA) z siedzibą w Birmingham. Celem jego działalności jest popieranie optymalnych zastosowań i technik symulacji i gier na całym świecie. Jedną z głównych platform działalności stowarzyszenia są doroczne konferencje i regionalne seminaria. ISAGA czyni starania aby stworzyć system dokumentacji gier. W pierwszym etapie zamierza się zinwentaryzować publikacje i raporty, następnie wszystkie zakończone projekty gier i wreszcie projekty tworzone. Istotne miejsce w działalności ISAGA zajmuje problematyka metodologii projektowania i wykorzystania gier. O zakresie problematyki mieszczącej się w obszarze zainteresowań stowarzyszenia świadczyć może tematyka VIII konferencji ISAGA, która obejmowała pięć następujących grup tematycznych:

1. Stan dotychczasowych osiągnięć w dziedzinie symulacji i gier;

2. Gry symulacyjne jako narzędzie łączności, podejmowania decyzji i polityki;
3. Gry symulacyjne w nauczaniu na poziomie średnim i wyższym;
4. Gry symulacyjne dotyczące wojen i kryzysów rządowych w krajach rozwijających;
5. Modele symulacyjne.

Przedstawione zamierzenia i działania ISAGA oraz innych tego typu stowarzyszeń i organizacji mają rzecz oczywista swoje odniesienie przede wszystkim w pozamilitarnym obszarze zastosowań. Co zaś dotyczy problematyki komputerowych gier wojennych, to prace zmierzające do wypracowania ogólnej metodologii ich projektowania i wykorzystania podjęto w latach 70-tych*. Prowadzono je zwykle łącznie z pracami związanymi z projektowaniem i wykorzystaniem konkretnych gier wojennych, dlatego też często mają charakter tajny lub ściśle tajny. Specyfiką tych prac jest to, że stanowią one integralny element kompleksu prac prowadzonych przez ośrodki naukowe poszczególnych armii związanych z metodologią opracowywania i prowadzenia gier wojennych w ogóle.

Wyrazem szczególnego zainteresowania zarówno praktyków jak i teoretyków problematyką projektowania i wykorzystania modeli symulacyjnych i komputerowych gier wojennych są także liczne specjalistyczne wydawnictwa o zasięgu międzynarodowym.

Pomimo znacznego dorobku w zakresie metodologicznych uwarunkowań procesu projektowania komputerowych gier wojennych, a wyrażającego się głównie w ujednoliceniu podstawowej terminologii, w próbach systemowego podejścia do procesu projekowania** oraz wykorzystania specjalizowanych języków symulacyjnych do opisu i modelowania złożonych systemów działań bojowych, aktualnie brak jest wewnętrznie spójnej metodologii projektowania komputerowych gier wojennych, posługujących się właściwym sobie językiem oraz zawierającej stosowne procedury i metody projektowania, a także niezbędne kryteria oceny. Wydaje się, że na istniejący w tym względzie stan rzeczy rzutują nikłe postępy prac nad ogólną teorią gier w ogóle, w obszarze zainteresowania której, jak należy sądzić, znajdzie się również obok matematyczej teorii gier, a także teorii gier kierowniczych i wojennych,

---

* Wyrazem tych tendencji na gruncie Wojska Polskiego było zorganizowane przez Filię nr 1 WII w dn. 23-25,02,1983 r. sympozjum nt. "Zastosowanie modelowania i symulacji komputerowej w wojsku".

** Przykładem takiego podejścia jest potraktowanie procesu projektowania jako pewnej klasy systemu zwanego projektującym, a obejmującego podsystem metod, aparatury i zasobów.

metodologia projektowania komputerowych gier wojennych.

W dostępnej literaturze przedmiotu problmatyka projektowania komputerowych gier wojennych oscyluje niejako wokół dwóch zasadniczych nurtów metodologicznych.

W pierwszym z nich główny akcent kładzie się przede wszystkim na konstrukcję symulacyjnego modelu działań bojowych, będącego przedmiotem gry. Podejście takie charakterystyczne było dla projektantów pierwszych gier komputerowych, zwanych także grami pierwszego pokolenia. Przyczyny takiego stanu rzeczy były wielorakie. Przede wszystkim był to okres kiedy z jednej strony mamy do czynienia z narastającym "kryzysem zaufania" do matematycznych modeli walki i operacji, ze względu na znacznie ograniczoną ich użyteczność, z drugiej zaś strony zaczyna panować wśród wielu teoretyków i praktyków niebezpieczny pogląd, że nowa metoda (nie zawsze jeszcze wtedy określana jako metoda badania złożonych systemów jaką staje się wówczas symulacja komputerowa jest złotym środkiem, likwidującym niejako samoczynnie wiele problemów metodologicznych, a przede wszystkim te problemy, które pojawiają się w fazie konstrukcji modeli działań bojowych. W tak przedstawionej sytuacji rodzi si tendencja, w której zagadnienia symulacyjnego modelowania działań bojowych stają się problemem samym w sobie i przesłaniają złożoną problematykę konstrukcji komputerowej gry wojennej, której model działań bojowych jest istotnym, ale tylko jednym z wielu elementów. Podejście takie zaobserwować można również współcześnie, przede wszystkim u niektórych przedstawicieli amerykańskich ośrodków badań symulacyjnych. Opracowywane przez nich symulacyjne modele walki i operacji "wyrwane" są niejako z growego kontekstu i pozbawione tego, co stanowi o istocie gier komputerowych, a mianowicie ich interaktywnego charakteru, co wyraża się niemożliwością bieżącego (dynamicznego) wpływania na przebieg modelowanych działań bojowych oraz bieżącego informowania uczestników gry o zaistniałych krytycznych sytuacjach w modelowanym systemie działań bojowych. Ostatnio obserwuje się pewną modyfikację takiego podejścia.

Przedstawiciele drugiego ze wspomnianych nurtów, charakterystycznego przede wszystkim dla niektórych autorów radzieckich, głównie z cywilnych ośrodków naukowo-badawczych, uważają, że komputerowa gra kierownicza (wojenna) ze względu na zakres problematyki objętej komputerowym przetwarzaniem ma charakter takiego systemu, którego proces projektowania można całkowicie porównać z procesem projektowania informatycznego systemu zarządzania (dowodzenia). W odróżnieniu od przedstawicieli pierwszego nurtu artykułujących zagadnienia konstrukcji modelu symulacyjnego, przedstawiciele drugiego z

nich na plan pierwszy wysuwają problematykę technologii komputerowego przetwarzania danych.

W literaturze przedmiotu można spotkać także i takie opisy komputerowych gier kierowniczych (wojennych), których autorzy w prowadzonych przez siebie pracach projektowych wykorzystywali najczęściej tylko ogólne zalecenia metodologiczne formułowane przez tak znanych przedstawicieli problematyki projektowania jak: A. HALL, J. JONES, G. NADLER, A. ROSENNSTEIN, których poglądy na strukturę procesu projektowania przedstawiono w tabeli 6. Treść i wyniki zaś poszczególnych faz procesu projektowania w każdym konkretnym przypadku uwarunkowane były specyfiką systemu będącego przedmiotem gry oraz zależały od sposobu rozumienia przez zespoły projektujące pojęcia "gra", tzn. związane były z przyjętą podstawą metodologiczną*.

Ci z autorów, którzy interpretowali grę wyłącznie w aspekcie rzeczowym, w procesie jej projektowania dążyli przede wszystkim do opisu podstawowych elementów gry i opracowania szczegółowej dokumentacji growej, nie przywiązując należytej uwagi do zagadnień konstrukcji i adekwatności modelu symulacyjnego, procesu przebiegu gry oraz wpływu systemu motywacji graczy na charakter i przebieg gry. Przyjmując zaś atrybutowe rozumienie gry autorzy prac projektowych dążyli do odwzorowania wszystkich istotnych cech gry oraz związków i zależności w modelowym systemie działania, uwzględniając w niewielkim zakresie lub pomijając całkowicie problmatykę funkcjonowania gry i związanego z tym kompleksu prac organizacyjno-technicznych i dokumentacyjnych. Z kolei czynnościowe rozumienie pojęcia "gra" przejawiało się w dążeniu do przesadnie szczegółowego, zarówno co do treści, formy i czasu, zaprojektowania czynności i faz w procesie przebiegu gry oraz w dążeniu do zaprojektowania takich modyfikacji w systemie motywacji graczy, który zapełniałby osiągnięcie celów gry. Powstałe gry, u podstaw projektowania których przyjmowano różną ich interpretację (uogólniając można powiedzieć, że różnie interpretowano system mający być przedmiotem projektowania tzn. nie spełniono jednego z podstawowych wymogów metod systemowej, zalecającego jednoznaczną, wielostronną i wyczerpującą interpretację przedmiotu badań) spełniały tylko niektóre ze sformułowanych przed nimi celów i wymagań i tylko te, których realizacja możliwa była w ramach określonej interpretacji gry.

---

* "Gra komputerowa" interpretowana może być w aspekcie rzeczowym, atrybutowym jak i czynnościowym.

Tabela 1

WYBRANE POGLĄDY NA STRUKTURĘ PROCESU PROJEKTOWANIA

A.D. HALL	J.C. JONES
1. Badanie otoczenia systemów 2. Projektowanie wstępne 2.1. Definicja problemu 2.2. Selekcja celów 2.3. Synteza wariantów 2.4. Analiza wariantów 2.5. Wybór najlepszego wariantu 2.6. Prezentacja wyników 3. Projektowanie techniczne 4. Badania w toku projektowania 5. Realizacja i pomiary	1. Analiza 2. Synteza 2.1. Projektowanie elementów 2.2. Ograniczenia 2.3. Projektowanie systemu 2.4. Wykreślanie 3. Ocena
G. NADLER	**A.B. ROSENSTEIN**
1. Określenie celu i przeznaczenia 2. Poszukiwanie systemu idealnego 3. Zbieranie informacji 4. Synteza wstępna 5. Ocena i decyzja 6. Synteza projektu technicznego 7. Weryfikacja projektu 8. Próby 9. Uruchomienie 10. Pomiary	1. Zdefiniowanie problemu 2. Zbieranie informacji 3. Określenie warunków granicznych 4. Ustalenie kryteriów i sposobów funkcjonowania 5. Synteza 6. Ocena 7. Decyzja 8. Optymalizacja 9. Iteracje 10. Prezentacja wyników

Analizując problemy projektowania komputerowych gier kierowniczych, a w szczególności wojennych nie można pominąć także opracowań, które są wynikiem nowoczesnego (systemowego) podejścia do problematyki symulacyjnego modelowania walki i operacji. Na szczególne podkreślenie zasługują tu prace prof. W. Filara i P. Sienkiewicza. I choć nie dotyczą one wprost problematyki komputerowych gier wojennych, to wiele z formułowanych w nich zaleceń metodologicznych i metodycznych ma charakter uniwersalny i z powodzeniem mogą być wykorzystane w procesie projektowania gier.

Przedstawiona charakterystyka pewnych nurtów i tendencji związanych z projektowaniem komputerowych gier kierowniczych (wojennych) oddaje w sposób w miarę pełny sytuację istniejącą w zakresie szeroko rozumianej problematyki gier. Charakterystyczne dla niej jest przede wszystkim to, że na nie zawsze zadawalające efekty użytkowe komputerowych gier kierowniczych (wojennych) mają zasadniczy wpływ z jednej strony nikłe postępy w pracach nad ogólną teorią gier i metodologią ich projektowania, z drugiej zaś niski poziom wiedzy i umiejętności wielu zespołów projektowych w zakresie, nazwijmy to, systemowego podejścia do projektowania złożonych systemów działania**.

Mając na względzie z jednej strony istniejący stan rzeczy w zakresie szeroko rozumianej problematyki gier, z drugiej zaś pilną potrzebę prowadzenia prac nad ogólną teorią gier i metodologią ich projektowania, w pracy podjęto próbę opracowania w miarę uniwersalnej metodyki projektowania komputerowej gry wojennej, która stanowić może bazę wyjściową do syntetycznych uogólnień w sferze metodologicznej, a tym samym wnieść istotny wkład w dzieło tworzenia metodologicznych podstaw projektowania komputerowych gier kierowniczych, a w szczególności wojennych.

Analizując struktury, treść i wyniki procesu projektowania wielu komputerowych gier kierowniczych i wojennych, które powstały w licznych światowych i krajowych ośrodkach

---

* Wykład prof. W. Filara przeprowadzony w ramach cyklu seminariów nt. "Symulacyjne modelowanie walki i operacji - kwiecień 1980.

** Problemom tym poświęcona była międzynarodowa konferencja nt. gier i modelowania symulacyjnego.

naukowo-badawczych oraz uwzględniając bogaty dorobek teoretyczny i praktyczny takich dyscyplin jak: teoria sztuki wojennej, inżynieria systemów, analiza systemowa, modelowanie matematyczne i symulacyjne, metodologia projektowania systemów, informatyka, psychosocjologia, a także własne doświadczenia badawcze, sformułować można w stosunku do kompleksu zamierzeń i działań związanych z projektowaniem komputerowych gier wojennych następujące postulaty:

- proces projektowania komputerowej gry wojennej należy traktować jako złożony system działania (system projektujący), którego produktem finalnym jest gra;
- w procesie projektowania komputerowej gry wojennej należy wykorzystać teoretyczny i praktyczny dorobek inżynierii systemów dyscypliny, która powstała w wyniku złożoności procesów projektowania, wskutek konieczności jego racjonalnej i naukowej organizacji oraz specyficznej postawy metodologicznej, związanej z całościowym traktowaniem obiektu i procesu jego tworzenia*
- komputerową grę wojenną rozpatrywać należy jako złożony, aktywny system działania tzn. we wzajemnych związkach i uwarunkowanych widzieć zarówno jego elementy, funkcjonowanie jak i rozwój;
- struktura i treść procesu projektowania komputerowej gry wojennej (tzn. jego model teoretyczny) wynikać powinny niejako z jej cech konstytutywnych, do których zaliczać należy takie jak model, symulacja komputerowa, sytuacja konfliktowa, eksperymentalna i umowna, aktywny udział człowieka, interaktywność, decydowanie i informowanie;
- w procesie projektowania komputerowych gier wojennych należy wykorzystać i integrować doświadczenia z zakresu projektowania zarówno tradycyjnych gier wojennych, jak i informatycznych systemów dowodzenia (zarządzania);
- proces projektowania, "produkowania" i eksploatowania gry rozpatrywać należy łącznie we wzajemnych związkach i uwarunkowanych;
- struktura, podział zadań, uprawnień i obowiązków zespołu projektującego odpowiadać powinny złożoności systemu będącego przedmiotem gry, projektowanie które obejmuje zakres wiedzy przyrodniczej, technicznej, społecznej, matematyczej i organizacyjnej niezbędnej do tworzenia racjonalnych systemów;

---

*) Zob. Sinkiewicz P.: Teoria efektywności ..., wyd. cyt.

– w procesie projektowania komputerowej gry wojennej dążyć należy do odwzorowania zarówno desygnującego (wyjaśniającego), jak i ocenowo-decyzyjnego charakteru gry.

Sformułowanym postulatom odpowiada, jak należy sądzić przedstawiona w dalszej części niniejszego opracowania metodyka projektowania komputerowej gry wojennej.

Mając na względzie potrzebę uczynienia procesu projektowania KGW i związanej z tym dokumentacji bardziej czytelnym, głównie w aspekcie potrzeb przyszłych użytkowników gry i instytucji zlecającej opracowanie, całość przedsięwzięć z tym związanych podzielono na cztery fazy.

Faza pierwsza obejmuje kompleks prac przygotowawczych związanych z badaniem systemu działań bojowych, będącego przedmiotem gry oraz sformułowanie na podstawie ich wyników zadania projektowego.

Faza druga dotyczy prac stricte projektowych i obejmuje projektowanie koncepcyjne, wstępne i technologiczne.

Faza trzecia obejmuje przedsięwzięcia organizacyjno-techniczne związane z projektowaniem i wdrożeniem gry realizowane są w ramach ?

Czwarta faza procesu projektowania komputerowej gry wojennej obejmuje eksploatację próbną, weryfikację i użytkowe wdrożenie.

4.2. Projektowanie komputerowej gry wojennej

4.2.1. Prace przygotowawcze do projektowania komputerowej gry wojennej

Prace przygotowawcze do projektowania KGW stanowią jedną z najbardziej istotnych i pracochłonnych faz procesu projektowania gry. Zakres i stopień poprawności ich przeprowadzenia decyduje bowiem w sposób zasadniczy o charakterze przyszłej gry oraz o strukturze i treści procesu jej projektowania.

Celem prac przygotowawczych jest uzasadnienie potrzeby projektowania KGW. Prace te obejmują dwa etapy:

1. prace związane z badaniem systemu działań bojowych będącego przedmiotem gry;

2. prace związane ze sformułowaniem zadania projektowego.

Wynikiem prac przygotowawczych do projektowania KGW winno być sformułowane precyzyjnego, pełnego i komunikatywnego **z a d a n i a p r o j e k t o w e g o.**

4.2.1.1. Badanie systemu działań bojowych będącego przedmiotem komputerowej gry wojennej.

Celem badań systemu działań bojowych będącego przedmiotem KGW jest identyfikacja i opis jego elementów (podsystemów) składowych oraz sposobów funkcjonowania i kierunków rozwoju, a także sprecyzowanie potrzeb w zakresie jego usprawnienia.

Prace związane z badaniem systemu działań bojowych, obejmują najczęściej takie przedsięwzięcia jak:

- sformułowanie ogólnych celów gry;
- organizacyjno-techniczne przygotowanie badań systemu;
- prowadzenie badań SDzB będącego przedmiotem KGW;
- analizę i opracowanie wyników badań.

Wynikiem badań systemu powinny być wnioski o celowości projektowania KGW.

4.2.1.2. Sformułowanie ogólnych celów komputerowej gry wojennej

Punktem wyjście do rozpoczęcia prac związanych z projektowaniem komputerowej gry wojennej jest przeprowadzenie wstępnej analizy, diagnozy i oceny systemu działań bojowych będącego przedmiotem gry.

Czynności z tym związane zazwyczaj nie stanowią oddzielnej fazy procesu projektowania, albowiem analiza, diagnoza i ocena systemu prowadzone są na bieżąco, jako integralny element kompleksu przedsięwzięć związanych z ciągłym doskonaleniem funkcjonowania systemu .

Wobec powyższego, przed rozpoczęciem prac projektowych posiadamy mniej lub bardziej aktualne informacje o sposobie funkcjonowania systemu, jego podsystemów czy też poszczególnych elementów oraz tych obszarach funkcjonowania systemu, zjawiskach i procesach, które nie zostały dostatecznie zbadane i poznane, a które wymagają rozwiązania

czy też dalszych badań.

Informacje powyższe możemy uzyskać z opracowań analitycznych dotyczących przeprowadzonych ćwiczeń, gier wojennych, badań poligonowych sprzętu i uzbrojenia, a także z opisów przebiegu minionych i aktualnych konfliktów zbrojnych.

W oparciu o te informacje precyzuje się z jednej strony wstępny cel i zakres przedsięwzięć jakie należy wykonać w celu dokładniejszego poznania, czy też usprawnienia istniejącego systemu, z drugiej zaś dokonuje się analizy przydatności metod badawczych, czy też technik usprawniających do rozwiązania sformułowanych problemów.

Analiza ta powinna obejmować zarówno metody empiryczne, a także metody oparte na modelowaniu.

Wynikiem przeprowadzonej analizy winna być wstępna decyzja, które z metod badawczych są możliwe do zastosowania i jakie mogą one przynieść efekty.

W przypadku uznania k o m p u t e r o w e j g r y w o j e n n e j (KGW) za najbardziej efektywną w danych warunkach metodę rozwiązania zidentyfikowanych wstępnie problemów funkcjonowania systemu działań bojowych (SDzB), przystępujemy do formułowania ogólnych celów KGW.

W tej fazie prac badawczych biorą głównie udział użytkownicy badanego systemu działań bojowych korzystając z pomocy (konsultacji) analityków, informatyków i matematyków.

Proces formułowania ogólnych celów KGW przebiega niejako jednocześnie z procesem badań SDzB i ma podobnie jak zresztą proces projektowania gry w ogóle, charakter iteracyjny. W miarę jak zwiększa się zakres naszej wiedzy o badanym systemie, formułowane cele gry w stopniu coraz szerszym odpowiadają celom (potrzebom) poznawczym, a także praktycznych działań w zakresie usprawniania i doskonalenia SDzB.

W procesie formułowania ogólnych, a w dalszej kolejności szczegółowych celów KGW, należy z jednej strony uwzględnić możliwości, wady i zalety oraz przewidywany charakter i sfery zastosowań gry, z drugiej zaś sprecyzowane w wyniku badań systemu zakres i kierunki prac usprawniających, jak i badawczych nad modelem SDzB, a także istniejące możliwości projektowe i technologiczne (techniczne).

Tylko bowiem łączne rozpatrywanie wymienionych obszarów zagadnień umożliwi sformułowanie takich ogólnych celów KGW, które odpowiadać będą potrzebom użytkowników SDzB, bądź zespołów badawczych i uwzględniać będą możliwości projektowe

oraz zalety, wady i możliwości komputerowych gier wojennych, traktowanych zarówno jako, nowoczesne narzędzie dydaktyczne i środek wspomagający proces projektowania systemów lub jego metoda badania złożonych systemów działania.

Formułując ogólne cele KGW należy przede wszystkim mieć na uwadze takie jej możliwości jak:

- adekwatne odwzorowanie zachowań człowieka - uczestnika gry, będącego aktywnym elementem modulowanego systemu działań bojowych we wszystkich etapach procesu dowodzenia, jak również w poszczególnych fazach procesu decyzyjnego;
- odwzorowanie dynamiki funkcjonowania SDzB w szerokim zakresie zmian warunków i parametrów opisujących jego funkcjonowanie;
- dynamiczne modyfikowanie systemu motywacji uczestników gry oraz ocenę jego wpływu na przebieg i rezultaty gry;
- wielokrotne wykorzystanie już opracowanej gry dla różnych scenariuszy i danych wejściowych o systemie i jego otoczeniu;
- bezpośrednie (na bieżąco) sprawdzanie efektów podejmowanych przez uczestników gry decyzji oraz ocenę realizacji celów modelowanego SDzB;
- praktycznie nieograniczone możliwości w konstruowaniu sposobów bieżącego informowania uczestników gry o stanie modelowanego SDzB;
- inicjowanie takiego działania uczestników gry, które wyzwala ich aktywność w stopniu nieporównanie większym niż to ma miejsce w innych metodach dydaktycznych i badawczych;
- uwzględnienie (odwzorowanie) wpływu zmian struktur organizacyjnych, technicznych (uzbrojenie, środki techniczne) i informacyjnych (system łączności) na przebieg funkcjonowania SDzB w konkretnej sytuacji taktycznej i inne;
- wypracowanie prognoz rozwoju systemu i odwzorowanie jego funkcjonowania w prognozowanych warunkach pola walki;
- pomoc w zrozumieniu wzajemnych uwarunkowań i zależności informacyjnych, organizacyjnych, funkcjonalnych i decyzyjnych systemu będącego przedmiotem gry;
- symulowanie określonych sytuacji problemowych w celu przeprowadzenia badań związanych między innymi z określeniem zakresu i treści współdziałania decydentów (uczestników gry) oraz określenie czynników warunkujących powstanie i kształtowanie

się czynników zespołów decyzyjnych (growych);

- przeprowadzenie kompleksowych badań SDz w złożonych warunkach hipotetycznych, a związanych ze strukturą systemu oraz jego otoczeniem;
- poznanie, weryfikacja i formalizacja obszarów funkcjonowania modelowanego SDzB;
- Kształcenie w duchu innowacji i nieszablonowości.

Poprawne sformułowanie ogólnych celów gry oraz pełne i jednoznaczne rozumienie ich przez wszystkich uczestników procesu projektowania komputerowej gry wojennej decyduje o powodzeniu całego zamierzenia.

Cele komputerowej gry wojennej formułowane są w postaci ogólnej i szczegółowej i uwarunkowane są one nie tylko możliwościami gry ale przede wszystkim jej charakterem i przeznaczeniem. Jeżeli **gra** mieć będzie np. **charakter dydaktyczny** to jej **ogólnymi celami** mogą być między innymi:

- prezentacja koncepcji, zasad, metod i sposobów dowodzenia wojskami;
- rozwijanie i doskonalenie nawyków dowodzenia wojskami;
- opanowanie metod rozwiązywania zadań związanych z przygotowaniem i prowadzeniem działań bojowych walki w złożonych warunkach operacyjno-taktycznych;
- nauczanie sztuki dowodzenia wojskami;
- aktywne opanowanie wybranych koncepcji i metod dowodzenia wojskami ;
- prezentacja dowódcy i oficerom sztabu informacji o rzeczywistym systemie działań bojowych, jego podsystemach, elementach i otoczeniu;
- aktywizacja i intensyfikacja procesu nauczania wybranych problemów dowodzenia, taktyki i sztuki operacyjnej, co uzyskuje się głównie poprzez możliwość prognozowanie przez uczestników KGW, przebiegu planowanych działań bojowych oraz szybką oceną skutków podejmowanych przez nich decyzji;
- sprawdzenie stopnia znajomości zasad dowodzenia oraz taktyki i sztuki operacyjnej;
- nauczanie możliwości wariantowania w procesie podejmowania decyzji, wykorzystując do tego celu matematyczne metody optymalizacji i modele matematyczne.

Przedstawione, przykładowe cele ogólne KGW o charakterze dydaktycznym, choć nie

wyczerpują z pewnością całego zbioru formułowanych przed tego rodzaju KGW celów ogólnych, stanowić mogą podstawę do formułowania celów szczegółowych, które są niejako ich udokładnieniem.

Cele szczegółowe winny być formułowane w sposób wyjątkowo precyzyjny. Determinują one bowiem zakres i stopień dokładności odwzorowania modelowanego systemu, a także charakter i przebieg gry.

Szczegółowe cele gry określają między innymi:

- rodzaje sił zbrojnych, wojsk, służb (rodzaj systemu działań bojowych) wojsk własnych i przeciwnika będący przedmiotem gry;
- rodzaj, formy i fazy operacji (walki, działań bojowych) modelowanych w grze;
- ilość i rodzaj biorących w grze dowództw, sztabów i osób funkcyjnych;
- zakres wiedzy i czynności, które uczestnicy gry winni poznać i doskonalić.

Stopień szczegółowości w formułowaniu celów gry zależy przede wszystkim od charakteru zjawisk i procesów przewidzianych do odwzorowania w modelowanym systemie działań bojowych.

Na stopień szczegółowości celów gry istotny wpływ wywierać będzie przewidywany sposób funkcjonowania informacyjnego systemu gry, a w szczególności zakres, treść i stopień szczegółowości informacji o modelowanym systemie działań bojowych i jego otoczeniu oraz sposób i zakres informowania uczestników gry.

W procesie projektowania KGW po wypracowaniu koncepcji informacyjnego systemu gry zaleca się ponownie powrócić do zagadnień formułowania szczegółowych celów gry.

Dominującą współcześnie tendencją w zakresie projektowanie i wykorzystanie KGW jest dążenie do uniwersjalizacji ich zastosowań.

Podyktowane jest to dużą pracochłonnością oraz znacznymi kosztami projektowania komputerowych gier wojennych.

Cele uniwersalnych komputerowych gier wojennych we wstępnej fazie prac projektowych formułowane są zwykle w sposób bardzo ogólny. Ostateczne sformułowanie celu gry następuje dopiero w ostatnim etapie prac projektowych. Wynika to z faktu, że proces projektowania tego typu gier ukierunkowany jest bardziej na kompleksowe odwzorowanie modelowanego systemu niż poszczególnych jego elementów.

Sformułowanie ogólnych celów gry zapoczątkowuje kolejny etap prac przygotowawczych związanych z techniczno-organizacyjnym przygotowaniem badań SDzB.

4.2.1.3. Techniczno-organizacyjne przygotowanie badań systemu działań bojowych

Techniczno-organizacyjne przygotowanie badań obejmuje między innymi takie przedsięwzięcia, jak:

- wybór metod badania systemu;
- opracowanie programu prowadzenia badań;
- opracowanie niezbędnej dokumentacji badawczej;
- sformowanie grup badawczych;
- prowadzenie szkolenia i instruktażu dla grup badawczych;
- szkolenie użytkowników rzeczywistego SDzB.

Wybór metod badania systemu działań bojowych powinna poprzedzić dokładna analiza literatury i materiałów źródłowych dotyczących badanego systemu.

W wyniku analizy literatury i materiałów źródłowych zespół projektujący określa te obszary funkcjonowania systemu, o których nie wiele wiadomo, lub co do których nie ma jednoznacznych poglądów. Charakter niezbadanych zjawisk i problemów decyduje o charakterze proponowanych metod badawczych. Najczęściej są to metody wykorzystujące wyniki badań poligonowych i ocen ekspertów oraz uogólnione doświadczenia z minionych i współczesnych wojen, oraz konfliktów lokalnych.

Oprócz wspomnianych metod badania systemów działań bojowych coraz częściej stosowaną metodą jest a n a l i z a s y s t e m o w a, która stanowi swoistego rodzaju filozofię wszelkich badań systemów. Pozwala ona w sposób kompleksowy ująć wszystkie elementy i występujące między nimi relacji w badanym systemie działań bojowych.

Po określeniu metod badania systemu, opracowuje się:

- h a r m o n o g r a m b a d a ń
- ustala wstępny sposób opisu (prezentacji) wyników badań,
- dokonuje wyboru zespołów badawczych i ekspertów.

Najistotniejszym w tym kompleksie prac jest właściwy dobór zespołu badawczego. Struktura i charakter zespołów badawczych wynikać powinny z charakteru przewidywanych do przebadania problemów, a pośrednio celów gry.

Sformowanie zespołów badawczych i grup ekspertów zapoczątkowuje kolejny cykl

prac związanych z ich szkoleniem. Celem szkolenia prowadzonego przez projektantów KGW i oddelegowanych do zespołu projektującego użytkowników SDzB jest zaprezentowanie możliwości, zalet i wad KGW, a także scharakteryzowanie procesu ich projektowania i związanych z tym wymaga, organizacyjno-technicznych.

Zakończenie przedsięwzięć organizacyjno-technicznych pozwala na rozpoczęcie właściwych badań systemu działań bojowych będącego przedmiotem gry i jego otoczenia.

4.2.1.4. Prowadzenie badań systemu działań bojowych

Prowadzenie badań modelowanego systemu działań bojowych stanowi jeden z najbardziej pracochłonnych etapów projektowania KGW. Systemy działań bojowych należą do systemów wielce złożonych. Są to systemy, w których występują we wzajemnym powiązaniu złożone układy techniczne i zespoły ludzkie a na ich funkcjonowanie wywierają wpływ między innymi czynniki psychologiczne, ekonomiczne i inne.

Badanie systemu działań bojowych obejmuje:

- identyfikację i analizę celów funkcjonowania systemu oraz realizowanych zadań;
- identyfikację i analizę struktury morfologicznej, funkcjonalnej i rozwojowej systemu;
- ustalenie i opis charakterystyk taktyczno-technicznych systemu;
- identyfikację i analizę struktury zadań, obowiązków i uprawnień oraz formalnych i nieformalnych więzi użytkowników systemu;
- identyfikację i analizę procesów walki i informacyjno-decyzyjnych systemu.

Doświadczenia wielu zespołów projektowych, a także doświadczenia własne w zakresie projektowania modeli symulacyjnych działań bojowych wskazują, że w celu uzyskania w miarę kompleksowego obrazu systemu działań bojowych wojsk własnych i przeciwnika, w procesie ich badania należy dążyć do uzyskania odpowiedzi na szereg następujących pytań:

np.:
- jaki jest cel walki (operacji) obu walczących stron;
- jakie elementy tworzą system działań bojowych wojsk własnych i przeciwnika i jakie pomiędzy nimi występują relacje;
- jakiego typu powiązania pomiędzy elementami systemu tworzą strukturę

(struktury) systemu;

- w jaki sposób dana struktura wpływa na realizowane funkcje;
- jakie rodzaje i formy działań bojowych prowadzą obie walczące strony;
- jakie funkcje i procesy realizowane są w poszczególnych systemach działań bojowych;
- w jaki sposób cechy elementów systemu wpływają na efektywność procesów;
- w jaki sposób wpływają zmiany procesów i funkcji na struktury systemów;
- w jaki sposób wpływają zmiany strukturalne na procesy i funkcje systemu.

Informacje uzyskane w wyniku odpowiedzi na przedstawione pytania umożliwiają między innymi:

- identyfikację elementów SDzB i powiązań między nimi;
- odwzorowanie struktury SDzB;
- wyznaczenie charakterystyk ilościowych SDzB;
- identyfikację podstawowych oddziaływań pomiędzy systemem a otoczeniem oraz pomiędzy elementami systemu;
- określenie grafu stanów SDzB;
- wyznaczenie struktury dynamicznej i funkcjonalnej SDzB;
- określenie scenariuszy zachowania się SDzB;
- określenie prognozy rozwojowej SDzB.

Sformułowana lista pytań i związanych z tym problemów badawczych choć stanowi głównie przedmiot zainteresowania inżynierii systemów (138), celowym wydało się być ich przedstawienie przede wszystkim ze względu na systemowy charakter procesu projektowania komputerowej gry wojennej. Wyjątkowo obszerny zakres poruszanej problematyki badawczej uniemożliwia wyczerpującą analizę każdego związanych z tym zagadnień. Dlatego też w dalszej części zwrócimy uwagę tylko na te z nich, które znaleźć się powinny w obszarze zainteresowań projektantów KGW, na etapie prowadzenia badań SDzB.

Analizując procesy walki (operacji) można w każdym systemie działań bojowych wyodrębnić podsystemy dowodzenia, walki i zabezpieczenia bojowego oraz zabezpieczenia tyłowego Ponadto należy uwzględnić, że system działań bojowych funkcjonuje w określonym otoczeniu, w którym występują układy aktywne (przeciwnik), pasywne (warunki polityczno-geograficzne i klimatyczne) oraz współdziałające (sąsiedzi). Na rozpatrywany system oddziałuje także nadrzędny system działań bojowych.

Podsystem walki i zabezpieczenia bojowego obejmuje pododdziały (oddziały, związki taktyczne, ...) wojsk zmechanizowanych, pancernych, artylerii, lotnictwa, obrony przeciwlotniczej, wojsk inżynieryjnych, chemicznych, rozpoznania i łączności.

W systemie dowodzenia mając na względzie informacyjno-decyzyjny charakter procesów sterowania wyróżnić można podsystem informacyjny i decyzyjny.

W systemie zabezpieczenia logistycznego uwzględniając podział przedmiotowy można wyodrębnić zabezpieczenie materiałowe, techniczne, medyczne, itp., natomiast biorąc pod uwagę realizowane funkcje możemy wyróżnić: zaopatrywanie w materiały i sprzęt, ewakuację porażonych, ewakuację uszkodzonego sprzętu, obsługę medyczną, naprawy i remont sprzętu, obsługę i utrzymanie dróg komunikacyjnych, dowóz środków materiałowych itp. Pomiędzy elementami systemu działań bojowych i jego otoczenia zachodzą oddziaływania informacyjne, decyzyjne i materiałowo-energetyczne (ogniowe). Szczegółowa analiza ich treści i struktury stanowić będzie przedmiot zainteresowania w kolejnej fazie procesu badania systemu.

Analiza celów walki (operacji) właściwych dla systemów działań bojowych wojsk własnych i przeciwnika w połączeniu z analizą celów gry komputerowej pozwoli sprecyzować zbiór poddziałów, oddziałów, związków taktycznych poszczególnych rodzajów wojsk i służb będących przedmiotem gry. Często bowiem nie wszystkie elementy rzeczywistego systemu działań bojowych uwzględniane są w grze, a bywa także i tak, że w modelowanym systemie działań bojowych może być ich więcej niż to ma miejsce w systemie rzeczywistym. Uwarunkowane to jest najczęściej potrzebą adekwatnego odwzorowania procesów walki (operacji). Identyfikacja celów walki (operacji) pozwoli także wstępnie określić obszar przewidywanych działań bojowych (lądowy, powietrzny, morski, lądowo-powietrzny, lądowo-morski, lądowo-powietrzno-morski) i jego podstawowe parametry. Czynniki te stanowią pierwszy krok na drodze precyzowania systemów działań bojowych wojsk własnych i przeciwnika będących przedmiotem gry, zakończenie których pozwala na przeprowadzenie szczegółowej analizy elementów, podsystemów i występujących pomiędzy nimi oddziaływań w modelowanych systemach działań bojowych.

Analiza elementów podsystemu walki i zabezpieczenia bojowego powinna być prowadzona głównie w aspekcie ich możliwości ogniowych, manewrowych, uderzeniowych i rodzaju wykonywanych przez nie zadań. Właściwe wykorzystanie możliwości ogniowych, manewrowych i uderzeniowych pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych na współczesnym polu walki decyduje w zasadniczy sposób o stopniu realizacji celów walki

(operacji). Dlatego też analiza tych elementów powinna być wyjątkowo wnikliwa i taktycznie (operacyjnie) zorientowana tzn. pozwalająca rozpatrywać te elementy we wzajemnych związkach i uwarunkowanych taktyczno-technicznych.

Możliwości ogniowe pododdziału (oddziału, związku taktycznego) zależą przede wszystkim od ilości i jakości sprzętu i uzbrojenia (środków walki) oraz od ilości i poziomu wyszkolenia bojowego stanu osobowego.

Każdy środek walki z punktu widzenia jego możliwości ogniowych opisać można za pomcą takich parametrów jak:

- intensywność prowadzenia ognia;
- rodzaj prowadzonego ognia;
- skuteczność prowadzonego ognia;
- warunki prowadzenia ognia;
- jednostka ognia;
- odporność na oddziaływanie ogniowe przeciwnika;
- odporność na oddziaływanie fali uderzeniowej i promieniowania przenikliwego;

Szczegółowa analiza czynników taktycznych, technicznych i geograficznych wpływających na przebieg zmian niektórych z wymienionych parametrów pozwoli na wypracowanie tak istotnych dla odwzorowania procesów walki zależności funkcyjnych, jak funkcje zmian intensywności prowadzenia ognia przez poszczególne środki walki oraz funkcje zmian wartości prawdopodobieństwa trafienia (zniszczenia) przez poszczególne środki walki innych środków walki. Zależności te w tradycyjnych grach wojennych przyjęto traktować w sposób dyskretny, co w wielu przypadkach jest nie wystarczające do opisu dynamicznego charakteru procesów walki. Prace związane z poszukiwaniem wspomnianych zależności prowadzone są w oparciu o wyniki badań poligonowych środków walki, ocen ekspertów, analiz operacyjno-taktycznych aktualnych i minionych konfolitów zbrojnych, a także w oparciu o wyniki modelowania matematycznego. Stanowią one w przekonaniu autora jeden z najważniejszych elementów kompleksu prac poprzedzających procedury projektowania komputerowych gier wojennych*. Bowiem od poprawności opisu tych zależności, zależy stopień adekwatności odwzorowania procesów niszczenia, a w konsekwencji poprawności opracowania

---

* Związanym z tym problemom wiele uwagi poświęcono w dyskusji na "I Sympozjum zastosowania modelowania i symulacji komputerowej w wojsku", WII, 23-25.02.1983.

programowych procedur obliczania strat. Analiza środków walki i parametrów je opisujących pozwoli także na wypracowanie wstępnej koncepcji słownika nazw środków walki i zbiorów informacji opisujących poszczególne typy środków walki - zbiorów, które stanowią istotne elementy informacyjnego systemu gry.

Słowniki nazw środków walki oraz nazw pododdziałów i związku taktycznego wojsk własnych i nieprzyjaciela wykorzystywane są w programach komputerowych - w procedurach wydruku dla uczestników gry okresowych meldunków o stanie, położeniu i działaniu modelowych pododdziałów (oddziałów) oraz doraźnych komunikatów o zaistniałych krytycznych stanach rzeczy w modelowanym SDzB. Zbiory zaś informacji opisujące poszczególne typy środków walki wykorzystywane są w symulacyjnych programach komputerowych do odwzorowania czasów rozpoczęcia i trwania ognia, intensywności jego prowadzenia oraz w procedurach obliczania strat.

Analizując możliwości ogniowe pododdziałów czy też elementarnych środków walki należy także zidentyfikować, ocenić i opisać z wiązki i zależności pomiędzy możliwościami ogniowymi współdziałających ze sobą pododdziałów poszczególnych rodzajów wojsk. Na przykład, w jakim stopniu (wg jakiej zależności funkcyjnej) możliwości ogniowe pododdziałów artylerii wpływają na możliwości uderzeniowe (ogniowe) nacierających pododdziałów ogólnowojskowych. Zagadnienia związane z opracowaniem wspomnianych merytorycznie poprawnych zależności funkcyjnych stanowią jeden z ważnych problemów projektowania KGW.

Analizując możliwości ogniowe należy ponadto ocenić jaką rolę spełniają w procesie walki (ogniowego oddziaływania) poszczególne rodzaje elementarnych środków walki. Inną bowiem rolę spełnia pojedyńczy samolot, a jeszcze inną np. haubica. Porównanie potencjalnych możliwości wszystkich rodzajów środków walki w zakresie ich ogniowego oddziaływania, pozwoli wypracować wstępną koncepcję sposobu, zakresu i stopnia szczegółowości odwzorowania w modelu symulacyjnym poszczególnych rodzajów środków walki.

Kolejnym czynnikiem decydującym o skuteczności współczesnych działań są możliwości manewrowe wojsk. Analiza tych możliwości dla każdego elementu bojowego modelowanego systemu działań bojowych wojsk własnych i nieprzyjaciela powinna być ukierunkowana na identyfikację czynników wpływających w sposób istotny na możliwości manewrowe wojsk oraz na ocenę stopnia w jakim wpływa każdy z nich na te możliwości. Do

podstawowych czynników w tym względzie zaliczyć należy możliwości techniczne sprzętu i środków walki, rzeźbę terenu, sztuczne i naturalne przeszkody terenowe oraz zakres i stopień ogniowego oddziaływania nieprzyjaciela na przemieszczające się pododdziały.

Podstawowym parametrem opisującym możliwości manewrowe wojsk, a wykorzystywanym w grach wojennych jest tempo przemieszczania się pododdziałów (menewru) we wszystkich rodzajach ugrupowania (masowe, przedbojowe, bojowe). Dokładne odwzorowanie wartości tego parametru dla różnych warunków i sytuacji operacyjno-taktycznych stwarza konieczność uwzględnienia w modelowym systemie działań bojowych, wpływu wszystkich z wymienionych wyżej czynników wpływających na tempo przemieszczania się wojsk.

W większości komputerowych gier wojennych odwzorowuje się w modelowanym systemie przede wszystkim manewr związany z przemieszczeniem się wojsk, a w mniejszym zakresie manewr środków walki wewnątrz ugrupowania bojowego. Stopień szczegółowości odwzorowania procesu przemieszczania się wojsk uzależniony jest od dwóch czynników. Pierwszy z nich związany jest ze stopniem szczegółowości odwzorowania obiektów niszczenia obu walczących stron. Inny bowiem cel dla ognia artylerii czy też lotnictwa przedstawia sobą np. kcz w ugrupowaniu marszowym, przedbojowym, a jeszcze inny w ugrupowaniu bojowym. Drugi z tych czynników związany jest z potrzebą odwzorowania dynamiki działań bojowych, w tym przypadku poprzez uwzględnienie w modelowanym systemie różnych prędkości przemieszczania się wojsk dla różnych rodzajów ugrupowań.

W wyniku analizy możliwości manewrowych pododdziałów, oddziałów, związków taktycznych będących elementami modelowanego systemu działań bojowych należy określić, które z rodzajów menewru i z jakim stopniem szczegółowości odwzorowane zostaną w grze oraz wypracować koncepcję konstruowania funkcyjnych zależności związanych z pomiarem i oceną tych możliwości. Analiza ta pozwoli również uszczegółowić zbiór parametrów opisujących typowe pododdziały.

Analiza możliwości ogniowych i manewrowych, modelowanych w KGW pododdziałów i środków walki, poprzedza analizę ich możliwości uderzeniowych. Wyniki badań wielu zespołów projektowych wskazują, że problem ten nastręcza najwięcej trudności i aktualnie nie został do końca zbadany oraz nie udało się także opracować merytorycznie poprawnej funkcji zależności, pozwalającej określać możliwości uderzeniowe modelowanych w grze pododdziałów (oddziałów) z uwzględnieniem wszystkich wpływających nań czynników. Pierwsze udane próby w tym zakresie podjęto w latach 60-tych opracowując w 1963 r. w

Rasearch Analysis Corporation (USA) model QJM (ang. Quantified Jndgement Model) w którym uwzględniono również element zaskoczenia nieprzyjaciela. Przeprowadzona z wykorzystaniem modelu QJM analiza wszystkich konfliktów zbrojnych mających miejsce na Bliskim Wschodnie w latach 1967-73 wykazała, że wynik modelu w 88 % pokrywały się z rzeczywistym przebiegiem działań bojowych. Powodzeniem zakończyły się również podjęte w tym zakresie prace w latach 80-tych w Akademii Wojskowej im. M. W. Frunze przy opracowaniu modelu działań bojowych ogólnowojskowego związku taktycznego. Istota zaproponowanych rozwiązań sprowadzała się do określenia głębokości włamania się (czy też jak przyjęto określać w ww. modelu - "wklinienia się" (w ugrupowanie nieprzyjaciela w funkcji wartości stosunku sił) dla różnych faz procesu walki) i tempa natarcia.

W większości komputerowych gier wojennych możliwości uderzeniowe pododdziałów (oddziałów) odwzorowane są pośrednio poprzez odwzorowanie ich możliwości ogniowych i manewrowych. Dlatego też bardzo często związane z tym zagadnienia badawcze pomijane są w procedurze badań SDzB.

Jednym z istotnych elementów w procesie badań SDzB będącego przedmiotem KGWS jest identyfikacja, analiza, ocena i opis realizowanych przez poszczególne rodzaje pododdziałów (oddziałów) zadań. Realizowane zadania są przede wszystkim funkcją specyfiki pododdziałów. Inne bowiem zadania wykonują pododdziały ogólnowojskowe, a inne np. pododdziały artylerii, obrony przeciwlotniczej, wojsk inżynieryjnych, czy też lotnictwa. Zaznaczyć należy także, że zadania te mają charakter zarówno bojowy (natarcie, obrona, prowadzenie ognia przez pododdziały artylerii i OPL, minowanie terenu przez OZap, niszczenie celów naziemnych przez lotnictwo operacyjne i śmigłowce), jak i technologiczny (rozwijanie i zwijanie sprzętu, rozpoznanie rubieży minowania, topograficzne dowiązywanie, itp.).

W procesie projektowania KGW, szczególnie zaś na etapie konstruowania modelu SDzB istnieje potrzeba wyróżnienia w ramach zidentyfikowanych rodzajów zadań bojowych tzw. elementarnych rodzajów działań - ERDz. Potrzeba taka istnieje głównie z dwóch powodów. Po pierwsze dlatego, że odwzorowanie funkcjonowania pododdziałów przede wszystkim ogólnowojskowych, na poziomie realizacji zadań bojowych typu natarcie, obrona, wycofanie, uniemożliwia zobrazowanie dla uczestników gry bardziej szczegółowej i wszechstronnej informacji o możliwych wariantach sytuacji pola walki jakie mogą zaistnieć w ramach realizacji przez poszczególne pododdziały określonych rodzajów zadań bojowych.

Dotyczy to głównie takich sytuacji, jak natarcie pododdziału, stan osobowy spieszony,natarcie pododdziału - stan osobowy na BWP (transporterach opancerzonych), podział został zatrzymany w wyniku kontrataku nieprzyjaciela, broni rubieży (rejonu) odpiera atak nieprzyjaciela, wykonuje marsz w ugrupowaniu marszowym przedbojowym i bojowym, likwiduje skutki uderzeń nieprzyjaciela itp. Drugim powodem odwzorowania ERDz jest konieczność spełnienia wymagań dotyczących stopnia poprawności komputerowych procedur obliczania strat. Innym bowiem celem (inne będą straty) będzie dla pododdziałów nieprzyjaciela pododdział spieszony, a jeszcze innym pododdział na BWP, czy też pododdział wykonujący marsz np. w kolumnie pułkowej. Jako kryterium wyróżnienia ERDz, w ramach realizowanych przez poszczególne rodzaje pododdziałów określonych rodzajów zadań bojowych, przyjmuje się między innymi takie wskaźniki, które określają możliwości pododdziałów w zakresie:

- wykrycia obiektów nieprzyjaciela;
- ogniowego oddziaływania na nieprzyjaciela;
- zmiany położenia na polu walki;
- manewru siłami i środkami wewnątrz rejonu zajmowanego przez pododdział i stopnia obniżenia intensywności prowadzenia ognia w czasie manewru.

Wyniki tak przeprowadzonej analizy realizowanych przez poszczególne rodzaje pododdziałów zadań pozwolą między innymi na określenie rodzajowej statycznej i dynamicznej struktury zadań badanego SDzB. Na etapie prowadzenia badań systemu wyniki te pozwolą ocenić także, które z zada, są możliwe do odwzorowania i które należy odwzorować w ramach symulacyjnych programów komputerowych, a które z nich należy odwzorować w formie tradycyjnej tzn. bez komputerowego wspomagania oraz wstępnie oszacować objętość zbiorów informacji opisujących modelowane w KGW pododdziały i realizowane przez nich zadania bojowe. W dalszym etapie prac, oszacowania te będą podstawą do sformułowania wymagań odnośnie technicznych środków informatyki i efektywnego funkcjonowania gry.

W procesie konstrukcji symulacyjnego modelu działań bojowych, wyniki analizy realizowanych przez poszczególne rodzaje pododdziałów zadań bojowych i elementarnych rodzajów zadań, wykorzystywane zostaną na etapie budowy modelu SDzB, do opracowania grafów zmiany stanów (zadań) odwzorowanych w KGW pododdziałów. Grafy stanów powinny w sposób adekwatny do celów gry, zakresu i stopnia szczegółowości modelowania

zjawisk i procesów walki, odwzorowywać funkcjonowanie pododdziałów poszczególnych rodzajów wojsk czy też niektórych pojedyńczych środków walki (np. samolot, śmigłowiec). Poprawnie skonstruowane grafy zmiany stanów stanowią najistotniejszy element modelowania symulacyjnego metodą kolejnych zdarzeń. Umożliwiają bowiem one poprawne odwzorowanie funkcjonowania pododdziałów, dynamiczne śledzenie wszystkich czynników warunkujących zmiany stanów (przejścia decyzyjne i wymuszone zaistniałą sytuacją taktyczną) oraz częściową ocenę adekwatności symulacyjnego modelu SDzB w zakresie pożądanej zmiany stanów. Opracowane grafy zmiany stanów wykorzystane zostaną także w kolejnych fazach prac przy formułowaniu niektórych reguł KGW, a w szczególności tych, które dotyczą poprawności planowania przez uczestników gry zadań bojowych dla pododdziałów (oddziałów, związku taktycznego) odwzorowanych w grze.

W procedurze badań rzeczywistego SDzB, obok analizy jego podsystemu walki istotne miejsce zajmuje także identyfikacja, analiza, ocena i opis podsystemu dowodzenia, a w szczególności jego podsystemu informacyjnego i decyzyjnego. W wielu zespołach projektowych zagadnienia z tym związane traktowano marginalnie sądząc, że skoro zjawiska i procesy mające miejsce w podsystemie dowodzenia odwzorowuje się w KGW na tej samej bazie materialnej co w systemie rzeczywistym, to nie istnieje potrzeba prowadzenia dodatkowych badań w tym zakresie. Uważano bowiem, że niejako automatycznie procesy dowodzenia (podsystem dowodzenia) zostaną przeniesione (wkomponowane) w obszar funkcjonowania komputerowej gry wojennej. Pogląd taki, jak wykazały późniejsze doświadczenia okazał się błędny, głównie z powodu niedopasowania odwzorowywanego podsystemu dowodzenia do modelowanego (symulacyjne programy komputerowe) podsystemu walki. Należy zaznaczyć, że badania podsystemu dowodzenia mogą mieć charakter bardzo ograniczony w przypadku jeżeli dla badanego podsystemu dowodzenia projektowano lub zaprojektowano system informatyczny. Zakres i treść prowadzonych prac badawczych jest bowiem w obu przypadkach bardzo zbliżona.

Badania podsystemów dowodzenia systemów działań bojowych wojsk własnych i nieprzyjaciela mających być przedmiotem KGW obejmują przede wszystkim takie problemy (zagadnienia) jak:

- struktura zadaniowa, organizacyjna, decyzyjna i funkcjonalna podsystemu informacyjnego i decyzyjnego;
- struktura i treść informacji wejściowych niezbędnych do realizacji zadań

informacyjnych (wszelkiego rodzaju kalkulacje i obliczenia realizowane przez sztab) i decyzyjnych (wypracowywanie decyzji przez dowódcę i szefów rodzajów wojsk oraz służb);

- struktura i treść informacji powstałych w wyniku realizacji zadań informacyjnych i decyzyjnych;
- zadania, obowiązki i uprawnienia użytkowników rzeczywistego SDzB;
- funkcjonujące w rzeczywistym SDzB motywacyjne systemy jego użytkowników.

Wymienione zagadnienia dotyczą głównie złożonej problematyki optymalizacji struktur systemów dowodzenia (zarządzania). Dlatego też zakres i stopień szczegółowości związanych z tym badań podsystemu dowodzenia, wynika ze sformułowanych wcześniej ogólnych i szczegółowych celów KGW. Jeżeli gra ma mieć charakter naukowo-badawczy z przeznaczeniem jej np. do prowadzenia badań wpływu zmian struktur (organizacyjnej, zadaniowej, informacyjnej, decyzyjnej, funkcjonalnej) na efektywność funkcjonowania całego SDzB, to wtedy zakres wykonywanych prac badawczych będzie znacznie szerszy niż to będzie miało miejsce na przykład dla gry o charakterze dydaktycznym. Mając na względzie złożoność i szeroki zakres problemowy związanych z tym zagadnień, w dalszej części rozprawy zwrócimy uwagę tylko na te z nich, które powinny znaleźć się w obszarze zainteresowania projektantów KGW niezależnie od jej charakteru i przeznaczenia.

Jednym z ważniejszych czynników w procesie projektowania gier w ogóle, a komputerowych gier wojennych w szczególności jest znajomość przez jej projektantów struktury i treści realizowanych przez podsystem informacyjny zadań. Pozwoli to bowiem określić także i częściowo ocenić między innymi:

- czy struktura zadaniowa badanego podsystemu informacyjnego jest optymalna w sensie przyjętego kryterium oceny funkcjonowania SDzB*;
- które z realizowanych zadań ze względu na swoją złożoność, pracochłonność, czy też określone możliwości intelektualne ich wykonawców (użytkownicy podsystemu informacyjnego) lub też ze względu na wymóg merytorycznie poprawnego funkcjonalnie sprawnego przebiegu gry, powinny być w ogóle odwzorowane w grze,

---

* Odpowiedź na tak sformułowane pytanie będzie możliwa tylko wówczas gdy zespół badawczy zna merytorycznie poprawne, zweryfikowane kryteria oceny i dysponuje niezbędnymi w tym celu informacjami o badanym podsystemie informacyjnym.

które z nich w formie tradycyjnej, a które w postaci programów komputerowych;

– stopień poprawności (w sensie przyjętych kryteriów) realizowanych w podsystemie informacyjnym zadań;

– charakter przewidywanych do spełniania ról przez przyszłych uczestników gry.

Szczególną uwagę w procesie analizy podsystemu informacyjnego obok zagadnień już wymienionych, należy zwrócić na wypracowanie wstępnej koncepcji spełnianych w grze ról, a związanych z realizacją zadań właściwych dla podsystemu informacyjnego. W większości KGW role te mają charakter uogólniony tzn., że uczestnik gry występuje w roli nie znajdującej swojego odpowiednika w rzeczywistym podsystemie informacyjnym oraz realizuje zadania należące do zbioru obowiązków wielu użytkowników systemu. Inaczej, rzecz oczywista przedstawia się problem growych ról w podsystemie decyzyjnym. Istnieje zwykle w tym względzie pełna odpowiedzialność. To znaczy, że role spełniane w KGW znajdują swoje odpowiedniki w rzeczywistym podsystemie dowodzenia.

Struktura spełnianych w KGW ról zależy przede wszystkim od charakteru gry. Inna będzie w grze o charakterze dydaktycznym niż w grze naukowo-badawczej.

Analizując problemy dotyczące przewidzianych do spełnienia w KGW ról, należy także mieć na uwadze prezentowane w tym względzie niejako dwa punkty widzenia. Zwolennicy pierwszego uważają, że w KGW odwzorować należy tyle ról ile jest ich odpowiedników w systemie rzeczywistym oraz, że zakres obowiązków i spełnianych w każdej roli zadań powinien być identyczny z zadaniami i obowiązkami użytkowników systemu rzeczywistego. Zadania zaś związane z funkcjonowaniem KGW (przygotowanie danych wejściowych, aktualizacja informacji, interpretacja informacji wynikowych) należy wkomponować tylko do wybranych ról.

Przedstawiciele prezentujący drugi punkt widzenia uważają, że w KGW należy odwzorować te z ról (nie koniecznie mających swoje odpowiedniki w rzeczywistym podsystemie informacyjnym), których odtworzenie jest niezbędne do realizacji celów KGW. W takim przypadku role te nasycone są w znacznym stopniu zadaniami wynikającymi z komputerowego charakteru gry.

W większości zaprojektowanych KGW struktura spełnianych ról koresponduje z drugim z przedstawionych punktów widzenia.

W tym fragmencie badań SDzB, który rozwiązany jest z identyfikacją, analizą i oceną podsystemu dowodzenia, szczególną uwagę należy zwrócić na jego strukturę organizacyjną,

decyzyjną i informacyjną. Znajomość bowiem wymienionych struktur decyduje jw przekonaniu wielu zespołów badawczych i projektowych o możliwościach i zakresie odwzorowania podstawowych atrybutów gry, tzn. takich cech i elementów modelowanego systemu, które decydują o jego growym charakterze*. Wyniki badań struktury decyzyjnej podsystemu dowodzenia pozwolą określić przewidywaną do odwzorowania w KGW hierarchiczną strukturę systemu dowodzenia, zbiór możliwych decyzji podejmowanych na poszczególnych szczeblach dowodzenia (poziomach hierarchii) oraz wstępnie ocenić, które z nich należy odwzorować w grze w sposób tradycyjny, a które znajdują swoje odniesienie w obszarze realizacji programów komputerowych tzn., że informacje powstałe w wyniku ich podejmowania stanowić będą dane wejściowe do programów komputerowych symulujących działanie modelowanych w KGW pododdziałów. Znajomość struktury decyzyjnej i organizacyjnej rzeczywistego podsystemu dowodzenia umożliwi także zespołom badawczym sformułowanie takich problemów badawczych, które celowe jest badać i rozwiązywać w ramach KGW. Wyniki badań struktury decyzyjnej i organizacyjnej wykorzystywane są także w szerokim zakresie w kolejnych fazach procesu projektowania gry, a w szczególności przy formułowaniu i opisie przewidzianych do rozgrywania ról oraz szeroko rozumianych reguł gry.

W procesie badań podsystemu dowodzenia istotne miejsce zajmuje problematyka badań jego struktury informacyjnej, a w szczególności struktury i treści informacji wejściowych niezbędnych do realizacji zadań informacyjno-decyzyjnych i informacji wyjściowych powstałych w wyniku ich realizacji. Znajomość struktury i treści informacji wejściowych niezbędnych do realizacji zadań informacyjnych (podsystem informacyjny)i decyzyjnych (podsystem decyzyjny) pozwoli bowiem z jednej strony określić potrzeby informacyjne użytkowników podsystemu dowodzenia i aktualny stopień ich zaspokojenia, a z drugiej zaś strony sformułować problemy badawcze związane na przykład z zaprojektowaniem takiej struktury i treści informacji wejściowych niezbędnych do realizacji zadań zarówno informacyjnych, jak i decyzyjnych, która zwiększy efektywność funkcjonowania całego SDzB. Wyniki badań z tym związane pozwolą także na takie ukierunkowanie procesu projektowania

---

* Do podstawowych atrybutów gry należy zaliczyć istnienie co najmniej dwóch przeciwstawnych stron, odpowiedni stopień ryzyka i niepewności, możliwość podejmowania decyzji w oparciu o og raniczony zbiór strategii, możliwość oceny skutków podejmowanych decyzji.

KGW (głównie w zakresie projektowania struktury i treści informacji powstających w wyniku realizacji programów komputerowych symulujących działania bojowe pododdziałów, a także programów pomocniczych takich np., jak obliczanie stosunku sił, tempa natarcia itp.) w której struktura i treść informacji wejściowych niezbędnych do realizowanych w grze zadań informacyjnych i decyzyjnych, w maksymalnym stopniu odpowiadać będzie potrzebom informacyjnym użytkowników rzeczywistego systemu i uwzględnia- przy tym także będzie strukturę i treść obowiązującej dokumentacji bojowej. Dokładna znajomość informacyjnych potrzeb użytkowników rzeczywistego systemu dowodzenia warunkuje również poprawne skonstruowanie informacyjnego systemu gry.

Znajomość zaś struktury i treści informacji wyjściowych powstających w wyniku realizacji zadań informacyjnych (wyniki obliczeń i kalkulacji taktyczno-operacyjnych dostarczanych dowódcy i szefom rodzajów wojsk) i decyzyjnych (rozkazy, zarządzenia) umożliwi zaprojektowanie takiej struktury i treści informacji wejściowych niezbędnych do przetwarzania symulacyjnych programów komputerowych, których treść w maksymalnym stopniu zbliżona będzie do tradycyjnych dokumentów bojowych i odpowiadać będzie jednocześnie wymogom sprawnego funkcjonowania KGW.

Wyniki badań podsystemów dowodzenia modelowanych systemów działań bojowych wojsk własnych i nieprzyjaciela, umożliwić powinny także wstępną ocenę przewidywanej ilości uczestników KGW (graczy, ekspertów, administratorów, operatorów, członków grupy kierownictwa gry).

Jednym z ważniejszych zadań metodologii projektowania gier i prowadzenia symulacyjnych eksperymentów growych jest wypracowanie zasad i sposobów zarówno uwzględniania systemu motywacji graczy na etapie projektowania i prowadzenia gry, jak i ukierunkowanej jego modyfikacji zgodnej z celami gry i prowadzonego eksperymentu. Przy istnieniu sprzeczności systemu motywacji graczy z celami gry i niemożliwości usunięcia ich, z prowadzenia gry należy zrezygnować. W procesie badań systemu motywacji graczy należy zwrócić uwagę na to, jakie czynniki tworzą system motywacyjny graczy i jakim ulegają one modyfikacjom w zależności od struktury zbioru potencjalnych uczestników i celów gry.

W procesie badań podsystemu dowodzenia stosunkowo najmniej uwagi poświęca się problemom związanym z jego strukturą funkcjonalną. Znajduje to swoje uzasadnienie przede wszystkim w tym, że związane z tym wyniki badań wykorzystywane są najczęściej dopiero na etapie użytkowej eksploatacji gry, natomiast w procesie jej projektowania stopień ich

wykorzystania jest minimalny. Dlatego też w kompleksie prac projektowych, problematyka badań struktury funkcjonalnej podsystemów dowodzenia wojsk własnych i nieprzyjaciela, traktowana jest często w sposób marginalny.

Prezentując problematyką badań SDzB zwrócono uwagę tylko na wybrane, zdaniem autora najważniejsze związane z tym zagadnienia, głównie w aspekcie potrzeb procesu projektowania KGW. Niektóre z zagadnień, jak np. badanie wpływu otoczenia, a w szczególności terenu na skuteczność i sposób funkcjonowania SDzB, przedstawiono w tej części pracy niejako implicite, kierując się wynikającą niejako z przyjętej konstrukcji pracy potrzebą odrębnego i w szerszym zakresie ich omówienia.

Zakończenie badań systemu działań bojowych mającego być przedmiotem gry, warunkuje rozpoczęcie kolejnej fazy prac związanej z opracowaniem i analizą wyników badań.

4.2.1.5. Analiza i opracowanie wyników badań systemu działań bojowych

Analiza i opracowanie wyników badań SDzB obejmuje między innymi takie przedsięwzięcia jak:

- zestawienie i wybór problemów badawczych, które celowo jest rozwiązywać za pomocą KGW;
- analiza możliwości wykorzystania dostępnych metod badawczych do rozwiązywania sformułowanych problemów funkcjonowania SDzB, a w szczególności możliwości opracowania i wykorzystania matematycznych i symulacyjnych modeli działań bojowych;
- zestawienie wyników badań i opracowanie związanej z tym dokumentacji.

Poziom merytoryczny wykonywanych na tym etapie ma zasadnicze znaczenie dla ewentualnych dalszych prac projektowych. Decyzja bowiem o tym, czy i w jakim zakresie proponuje się wykorzystanie KGW do rozwiązania sformułowanych problemów funkcjonowania SDzB, mieć będzie istotny wpływ na przebieg i zakres prac projektowych, a w konsekwencji na efektywność wykorzystania gry.

Doświadczenia wielu zespołów projektowych wykazują, że prace te należy wykonywać

wyjątkowo precyzyjnie i dokładnie. Punktem wyjścia do rozpoczęcia wszelkich prac w tym zakresie jest zestawienie, w oparciu o wyniki badań SDzB rzeczywistych problemów badawczych, a nie jak to ma w wielu przypadkach miejsce, problemów pozornych*. W pracach tych szczególna rola do spełnienia przypada ekspertom - znawcom rzeczywistego SDzB. Stosunkowo najczęściej stosowaną metodą służącą precyzowaniu problemów badawczych związanych z funkcjonowaniem tak złożonego systemu działania, jakim jest SDzB, jest metoda "burzy mózgów", a niekiedy i także metoda gry kierowniczej. W kolejnej fazie prac oprócz ekspertów - znawców rzeczywistego SDzB biorą także udział analitycy systemów, cybernetycy, matematycy i informatycy. Dokonują oni bowiem zestawienia i oceny (wady, zalety, możliwości wykorzystania) znanych i dostępnych metod badawczych, możliwych do wykorzystania w rozwiązywaniu sformułowanych problemów funkcjonowania SDzB. Opracowane zestawienie winno obejmować zarówno metody wykorzystujące wyniki badań prowadzonych na systemie rzeczywistym, jak i badań prowadzonych na modelach systemu (modele matematyczne, symulacyjne, fizyczne,graficzne itp.). Analizując każdą z metod należy brać pod uwagę przede wszystkim cel badań, koszty, czasochłonność i użyteczność otrzymanych rozwiązań, a także i to, w jakim stopniu i zakresie umożliwiają one odwzorowanie tych zjawisk, elementów i procesów SDzB, które stanowią o jego istocie. W przypadku zaś KGW należy także dodatkowo ocenić możliwości w zakresie opracowania matematycznych i symulacyjnych modeli działań bojowych stanowiących jej integralny element, a niezbędnych do rozwiązania sformułowanych problemów funkcjonowania SDzB. Bardzo często bowiem pobieżna ocena możliwości KGW, jako metody rozwiązywania złożonych problemów, wyrażająca się głównie w przecenianiu ich możliwości, jest przyczyną niepowodzeń wielu zespołów projektowych. w zależności od charakteru przewidywanej gry, jej przydatność do rozwiązania sformułowanych problemów funkcjonowania SDzB, należy ocenić na tel innych alternatywnych metod badawczych. W przypadku gier dydaktycznych ocenić należy wady i zalety tradycyjnych metod nauczania, zaś dla gier o charakterze naukowo-badawczym wady i zalety takich metod rozwiązywania problemów, jak modelowanie matematyczne i analiza logiczna. Dla gier przeznaczonych do wykorzystania w procesie projektowania złożonych systemów, ocena ta dotyczyć będzie tego, jak ważną rolę spełnia

---

* Problemy pozorne pojawiają się np. wówczas jeżeli zakres wiedzy i umiejętności członków zespołu badawczego jest nieadekwatny do rzeczywistej złożoności SDzB.

growe prezentowanie (demonstrowanie) projektowanego systemu w procesie jego poznania, badania i usprawniania.

Wyniki analizy przydatności znanych i dostępnych metod badawczych do rozwiązania zidentyfikowanych w procesie badań SDzB problemów, są podstawą do opracowania z jednej strony syntetycznych wniosków i zaleceń odnośnie celowości i zakresowi wykorzystania KGW do rozwiązania sformułowanych problemów funkcjonowania SDzB, z drugiej zaś umożliwiają wniesienie stosownych korekt do wcześniej sformułowanych ogólnych i szczegółowych celów, tak aby bardziej korespondowały one z rzeczywistymi możliwościami komputerowych gier wojennych.

W końcowym fragmencie prac nad analizą i opracowaniem wyników badań SDzB, dokonuje się ich zestawienia i opracowuje niezbędną w tym celu dokumentację. W tej fazie prac brak zwykle jest szczegółowych zaleceń odnośnie sposobu opracowania wyników badań. Dlatego też w każdym konkretnym przypadku sposób prezentacji wyników badań systemu uwarunkowany jest jego specyfiką oraz zależy od celu i charakteru projektowanej gry.

Pozytywna ocena KGW jako metoda rozwiązywania sformułowanych problemów funkcjonowania SDzB jest formalną podstawą do rozpoczęcia dalszych prac związanych z opracowaniem wymagań i założeń dotyczących gry oraz sformułowaniem zadania projektowego.

4.2.1.6. Opracowanie zadania projektowego

Zadanie projektowe jest finalnym elementem prac przygotowawczych do projektowania KGW i obejmuje między innymi:

- założenia wstępne;
- wymagania dotyczące struktury, podstawowych elementów i podsystemów funkcjonalnych KGW;
- wymagania dotyczące podsystemów zabezpieczających funkcjonowanie KGW;
- opis organizacji prac projektowych i ich wykonawców;
- wstępną ocenę efektywności KGW.

Celem założeń wstępnych do zadania projektowego jest między innymi uzasadnienie potrzeby prowadzenia prac projektowych, charakterystyka celu przewidzianych prac projektowych i opis przeznaczenia gry (ogólne przeznaczenie KGW, obszar możliwych

zastosowań, cele szczegółowe prowadzonych prac projektowych) oraz opis i uzasadnienie ogólnych wymagań dotyczących projektowanej gry.

W zależności od przeznaczenia, charakteru, ogólnych i szczegółowych celów KGW, wymagania ogólne dotyczyć mogą między innymi:

- stopnia poglądowości symulacyjnych modeli działań bojowych;
- zakresu autonomiczności rozgrywanych w grze tematów oraz poszczególnych elementów i modułów KGW;
- stopnia "otwartości" symulacyjnych modeli działań bojowych na ich dalsze uzupełnianie i doskonalenie;
- maksymalnego wykorzystania w procesie gry gotowych rozwiązań i opracowań (w tym programów komputerowych);
- ukierunkowania wszystkich elementów gry na rozwiązanie badanych w grze problemów;
- charakteru atmosfery i sposobu jej kształtowania w jakiej przebiegać powinna gra;
- stopnia dopasowania gry do umiejętności zawodowych i możliwości intelektualnych potencjalnych uczestników gry;
- zakresu i stopnia interaktywności gry, a w szczególności sposobu realizacji dla uczestników gry tzw. sprzężenia zwrotnego;
- zakresu i stopnia zróżnicowania poszczególnych kolektywów growych;
- stopnia realizmu odwzorowywanych w symulacyjnych modelach działań bojowych zjawisk i procesów;
- niezawodności funkcjonowania programów komputerowych i informacyjnego systemu gry;
- treści i struktury materiałów szkoleniowych dla uczestników gry.

Wymagania zaś dotyczące struktury, podstawowych elementów i podsystemów funkcjonowania KGW obejmują:

a) w zakresie rozgrywanych tematów i ich fragmentów:
   - wykaz rozgrywanych tematów i ich fragmentów ze wskazaniem powiązań między nimi;
   - określenie stanu sytuacji wyjściowej i końcowej modelowanego w grze SDzB, dla każdego z rozgrywanych w grze tematów lub ich fragmentów;

b) w zakresie scenariusza KGW:

– wymagania dotyczące struktury morfologicznej, funkcjonalnej i rozwojowej modelowanego SDzB;

– wymagania dotyczące warunków funkcjonowania modelowanego SDzB, reguł gry oraz warunków początkowych;

c) w zakresie sytuacji growej:

– wymagania dotyczące struktury i treści modelu otoczenia SDzB i informacyjnego systemu gry;

d) w zakresie regulaminu gry:

– ogólne ograniczenia dotyczące opisu gry w aspekcie przewidywanych do rozegrania w niej tematów;

– wymagania dotyczące zestawu i treści instrukcji dla poszczególnych uczestników gry;

e) w zakresie graczy:

– wymagania odnośnie składu grających grup, zakresu niezbędnego ich doświadczenia oraz sposobu przygotowania graczy.

Wymagania dotyczące podsystemów zabezpieczających funkcjonowanie KGW obejmują przede wszystkim:

a) w zakresie zabezpieczenia obliczeniowo-programowego:

– wymagania dotyczące zakresu i stopnia wykorzystania systemów operacyjnych, programów itp;

b) w zakresie zabezpieczenia materiałowo-technicznego:

– wymagania dotyczące zestawu i struktury połączeń technicznych środków informatyki (rozmieszczenia i funkcjonowania).

W zadaniu projektowym oprócz przedstawionych wymagań określa się także organizację oraz precyzuje zakres i wykonawców prac projektowych.

Zagadnienia z tym związane obejmują między innymi:

– zestawienie uczestników prac projektowych (zleceniodawca, wykonawca, odbiorca);

– sposób i kolejność finansowania prac projektowych;

– sposób opisu i prezentacji wyników (fragmentów) prac projektowych dla odbiorcy i zleceniodawcy;

– opis poszczególnych etapów procesu projektowania gry;

– zestawienie przewidzianej do opracowania, niezbędnej dokumentacji projektowej (sprawozdawczej i eksploatacyjnej) ze wskazaniem odpowiedzialnych za jej opracowanie.

Końcowym elementem prac związanych z opracowaniem zadania projektowego jest wstępna ocena efektywności KGW. Metodyka oceny efektywności KGW w każdym konkretnym przypadku zależy przede wszystkim od charakteru gry. Dla gier przeznaczonych do wykorzystania w procesie projektowania złożonych systemów działania, zaleca się wykorzystanie metodyk stosowanych do oceny efektywności informatycznych systemów zarządzania (dowodzenia). W przypadku gier dydaktycznych i naukowo-badawczych ocena ekonomicznych efektów gry jest znacznie utrudniona. Wdrożenie KGW do procesu dydaktycznego zwiększy oczywiście poziom wiedzy i doświadczenia uczących się, jednak efekty ekonomiczne tych przedsięwzięć odczuwalne będą z pewnym opóźnieniem. Dopiero bowiem wtedy, kiedy uczący się obejmą swoje stanowiska służbowe i dzięki uzyskanej za pomcą KGW wiedzy, nabytym doświadczeniom i nawykom, szybciej zaadoptują się do warunków rzeczywistych działań oraz podejmować będą na jakościowo wyższym poziomie decyzje, możliwa będzie ekonomiczna ocena efektów użytkowej eksploatacji gry. Dlatego też dla gier o charakterze dydaktycznym celowym wydaje się być porównanie ich z innymi (tradycyjnymi) metodami nauczania. Bazą do tych porównań może być poziom wiedzy, doświadczeń i nawyków, które uzyskują uczący się z wykorzystaniem KGW i bez jej stosowania. Oczywiście tak przeprowadzona analiza porównawcza stanowi tylko uzupełnienie kompleksowej oceny ekonomicznej efektywności KGW, a związanej z kosztami jej projektowania, wdrażania i eksploatowania.

Opracowanie zadania projektowego kończy etap prac przygotowawczych do rozpoczęcia właściwego procesu projektowania. W tej fazie pracy opracowuje się dwa podstawowe dokumenty. Jeden jako wynik badań SDzB o nazwie "Charakterystyka systemu działań bojowych" będącego przedmiotem KGW i drugi jako efekt precyzowania zadania projektowego o nazwie "Zadania projektowe".

4.3. Projektowanie komputerowej gry wojennej

Celem realizowanych w tej fazie prac projektowych jest opracowanie i udokumentowanie projektu komputerowej gry wojennej. Ze względu na złożoność

przedsięwzięcia i wynikającą z tego potrzebę zarówno ścisłej merytorycznej i formalnej kontroli, jak i precyzyjnego dokumentowania określonych fragmentów prac oraz uniknięcia przenoszenia popełnionych w jednej fazie projektowania błędów do drugiej fazy, proces projektowania KGW podzielono na dwa etapy:

- projektowanie koncepcyjne;
- projektowanie technologiczne.

4.3.1. Projektowanie koncepcyjne komputerowej gry wojennej

Celem projektowania koncepcyjnego jest określenie i udokumentowanie rozwiązań modelowych komputerowej gry wojennej oraz ocena kosztów jej projektowania i efektów wykorzystania.

Projekt koncepcyjny KGW obejmuje przede wszystkim takie zagadnienia, jak:

a) uzasadnienie celowości wykorzystania KGW do rozwiązania sformułowanych problemów funkcjonowania SDzB;

b) analizę warunków i okoliczności, które dyktują potrzebę projektowania i wykorzystania KGW;

c) przegląd, analiza zalet i wad dostępnych metod badania sformułowanych problemów funkcjonowania SDzB;

d) charakterystykę warunków wykorzystania KGW, ze szczególnym uwzględnieniem między innymi:
   - miejsca i zakresu wykorzystania gry;
   - sposobu wykorzystania gry;
   - potencjalnych uczestników gry;
   - zakresu, sposobu i stopnia powiązania KGW z innymi metodami rozwiązywania problemów.

e) ogólną charakterystykę "treści" KGW z uwzględnieniem przede wszystkim:
   - celu, przeznaczenia i przedmiotu KGW;
   - elementów rzeczywistego SDzB, które zostały odwzorowane (modeluje się) w grze;
   - przedziału czasu w ramach, którego odwzorowuje się

zjawiska i procesy walki;

– elementów, zjawisk i procesów, które odwzorowuje się w KGW poprzez odgrywanie ról, a które poprzez wykorzystanie symulacyjnych programów komputerowych;

– sposobu przebiegu gry.

Na schemacie obrazującym sposób przebiegu gry przedstawia się symulacyjne modele działań bojowych pododdziałów (oddziałów) poszczególnych rodzajów wojsk i ich otoczenia, role spełniane w grze oraz sposób i formę powiązań elementów modelowanego SDzB:

– reguł gry zarówno dotyczących sposobu jej przebiegu, jak i oceny uczestników gry;

– przewidzianych do odgrywania przez uczestników gry ról;

– regulaminu gry (kolejność rozgrywania poszczególnych tematów, dyskretny lub ciągły czas przebiegu gry, ilość etatów gry i czas ich trwania);

– zakresu, sposobu i stopnia szczegółowości odwzorowania otoczenia, wywołującego wpływ na przebieg funkcjonowania modelowanego SDzB (w postaci programów symulacyjnych, tabel, grafików, ocen ekspertów odwzorowujących wpływ oraz reakcję otoczenia);

f) koncepcja struktury i zasad funkcjonowania informacyjnego systemu gry, ze szczególnym uwzględnieniem między innymi:

– sposobu organizacji podstawowej bazy danych;

– typowych rozwiązań w zakresie organizacji i funkcjonowania dużych zbiorów informacji;

– struktury i treści zbiorów informacji opisujących odwzorowywane w KGW pododdziały (oddziały i ZT);

– struktury i treści informacji wejściowych do symulacyjnych programów komputerowych i informacji wynikowych powstających w wyniku ich realizacji;

– struktury i treści tzw. pomocniczych zbiorów informacji (parametry opisujące środki walki, słowniki nazw sprzętu i

pododdziałów, normy taktyczno-techniczne, dane pomocnicze);

- system obiegu informacji w procesie realizacji KGW (nadawcy, odbiorcy, treść, forma, czas operowania, przekazania informacji);
- zestawu, struktury połączeń funkcjonowania i rozmieszczenia technicznych środków informat.
- zasad aktualizacji zbioru informacji;

g) charakterystykę potencjalnych uczestników KGW ze szczególnym uwzględnieniem:

- zbioru uczestników gry, na który ukierunkowana jest gra;
- wariant zestawu ról, dla różnych warunków prowadzenia gry ze wskazaniem wynikających z tego priorytetów;
- możliwości łączenia wielu ról przez jednego gracza czy też spełniania tej samej roli przez wielu graczy;
- wymaganego poziomu przygotowania graczy, ilości grup grających, zakresu udziału w grze graczy o różnym stopniu przygotowania i doświadczenia;
- wymagań dotyczących instrukcji dla uczestników gry;

h) ocenę efektywności KGW uwzględniającą w szczególności:

- kalkulację kosztów projektowania KGW (dane wejściowe, metodyka obliczeń a w szczególności kalkulacja kosztów projektowania i środków technicznych);
- kalkulację kosztów użytkowej eksploatacji gry;
- ocena efektywności KGW jako doskonalszej w porównaniu z innymi metodami rozwiązywania problemów funkcjonowania SDzB.

Przedstawione zagadnienia stanowią treść niejako wzorcowego projektu koncepcyjnego KGW określonego SDzB.

Projekt koncepcyjny KGW po formalnym zatwierdzeniu przez przyszłego użytkownika gry, stanowi podstawę do rozpoczęcia projektowania technologicznego.

4.3.2. Projektowanie technologiczne komputerowej gry wojennej

Projektowanie technologiczne jest jednym z najbardziej pracochłonnych etapów projektowania KGW. Ocenia się, że dla złożonych systemów działa, bojowych, czas przewidziany na realizację niezbędnych na tym etapie prac, stanowi 70 % czasu przeznaczonego na zaprojektowanie KGW.

Celem projektowania technologicznego jest oprogramowanie KGW oraz opracowanie dokumentacji programowej i eksploatacyjnej określającej sposób funkcjonowania wszystkich elementów gry oraz umożliwiającej sprawne jej wdrożenie.

Prace prowadzone na etapie projektowania technologicznego obejmują przedsięwzięcia cia, które dotyczą między innymi następujących zagadnień:

a) w zakresie udokładnienia i uszczegółowienia rozwiązań projektowych:
   - analizy charakterystyk i wymagań przyjętych w fazie formułowania „Z a d a n i a p r o j e k t o w e g o" oraz rozwiązań projektowych wypracowanych na etapie " P r o j e k t o w a n i a k o n c e p c y j n e g o";
   - opracowania i opisu ostatecznego wariantu modelu symulacyjnego SDzB, algorytmów ogólnych i szczegółowych i informacyjnego systemu gry oraz struktury i sposobu funkcjonowania KGW;
   - opracowanie algorytmów pomocniczych zabezpieczających komputerową realizację całego modelu symulacyjnego;

b) w zakresie oprogramowania KGW:
   - oprogramowanie algorytmów szczegółowych;
   - przygotowanie danych testujących oraz testowanie zarówno pojedyńczych programów, jak i powstałego z nich systemu programów funkcjonujących pod kontrolą specjalnego programu sterującego;
   - opracowanie instrukcji eksploatacji programów, przygotowania danych wejściowych;

c) w zakresie opracowania instrukcji dla uczestników KGW i dokumentacji projektu technologicznego:

– opracowanie instrukcji dla kierownictwa gry, graczy, administratora, ekspertów i operatorów KGW oraz niezbędnej dokumentacji projektowej.

Przebieg czynności związanych z realizacją w/w zagadnień nie stwarza na ogół doświadczonym projektantom i programistom większych trudnośCi.

Na etapie projektowania technologicznego, równocześnie z procesem projektowania algorytmów szczegółowych i ich oprogramowaniem oraz testowaniem, opracowuje się także niezbędną dokumentację programową, której znajomość przez uczestników KGW determinuje sprawny jej przebieg a dla projektantów stanowi ona podstawę dalszych prac projektowych związanych z wdrażaniem KGW.

Szczególne znaczenie w procesie użytkowej eksploatacji KGW, spełnia obok opracowanych dla uczestników gry instrukcji dokument o nazwie "O p i s k o m p u t e r o w e j g r y w o j e n n e j". Stanowi on bowiem syntetyczny wyraz dotychczasowych prac projektowych i ukierunkowany jest jednocześnie na zapoznanie szerokiego kręgu potencjalnych użytkowników KGW z podstawową terminologią z zakresu modelowania symulacyjnego i KGW oraz z charakterem, strukturą i przeznaczeniem zaprojektowanej gry.

Treść w/w dokumentu obejmować powinna w szczególności takie zagadnienia, jak:

a) w zakresie przeznaczenia KGW:
   – przeznaczenie i obszary zastosowań gry;
   – doświadczenia uzyskane z dotychczasowej eksploatacji gry;
   – przebieg i zakres konsultacji odnośnie metodyki prowadzenia gry:

b) w zakresie opisu podstawowych pojęć komputerowych gry:
   – określenie KGW i poszczególnych jej elementów;
   – opis podstawowych pojęć symulacyjnego modelowania;
   – opis struktury funkcjonalnej, informacyjnej, czasowej i rzeczowej KGW;
   – charakterystyka rodzajów zabezpieczenia KGW;
   – przeznaczenie poszczególnych elementów KGW;
   – kolejność i sposób prowadzenia eksperymentów growych;

c) w zakresie charakterystyki KGW i warunków jej prowadzenia:
   – opis modelowanego SDzB;

- charakterystykę ogólnych i szczegółowych celów gry;
- zestawienie i opis rozgrywanych w grze tematów;
- opis wymagań dotyczących poszczególnych elementów gry i warunków jej prowadzenia;
- charakterystykę warunków prowadzenia KGW ze szczególnym uwzględnieniem kosztów, czasów trwania eksperymentów growych;

d) w zakresie założeń i ograniczeń:

- charakterystykę różnic pomiędzy rzeczywistym SDzB, a jego modelem;
- opis zależności, na których oparto konstrukcję modelu symulacyjnego SDzB;
- opis zakładanych hipotez i zestawienie przyjętych założeń;

Opisany dokument, ze względu na zakres przedstawionych w nim problemów, zaleca się opracowywać po zakończeniu wszystkich, przewidzianych w tym etapie projektowania prac.

W wyniku realizowania projektu technologicznego uzyskujemy udokumentowane i zweryfikowane na danych testujących oprogramowanie oraz zasady i sposób funkcjonowania KGW.

Zakończenie tego etapu prac inicjuje kolejną fazę prac związanych z wdrożeniem KGW do użytkowej eksploatacji.

4.4. Wdrożenie komputerowej gry wojennej do eksploatacji użytkowej

Wdrażanie komputerowej gry wojennej do użytkowej eksploatacji stanowi końcowy fragment prac projektowych. Celem realizowanych w tym fragmencie prac jest sprawdzenie i zweryfikowanie opracowanych rozwiązań projektowych oraz użytkowe wdrożenie KGW. Realizowane w tym zakresie prace podzielić można na dwa w pewnym stopniu niezależne etapy:

1. prace związane z eksploatacją próbną KGW;
2. prace związane z eksploatacją wstępną KGW.

Celem prac realizowanych w **etapie pierwszym** jest przygotowanie organizacyjne i techniczne do praktycznego sprawdzenia poprawności rozwiązań KGW oraz sprawdzenie stopnia przygotowania użytkowników i środków technicznych do eksploatacji gry.

Wynikiem zaś zrealizowanych w tym etapie prac powinno być takie przygotowanie wybranych ogniw organizacyjnych (użytkownika) pod względem organizacyjnym, funkcjonalnym kadrowym i technicznym, które umożliwiłyby próbną eksploatację gry.

Celem **drugiego etapu** prac jest kompleksowe sprawdzenie i zweryfikowanie gry oraz włączenie jej do eksploatacji użytkowej.

Prace realizowane na etapie wdrażania KGW obejmują odpowiednio:

a) w zakresie przygotowania niezbędnej dokumentacji&

- przygotowanie instrukcji, materiałów szkoleniowych oraz dokumentów uzupełniających, niezbędnych do prowadzenia eksploatacji próbnej i wstępnej:
- dobór graczy, ekspertów, operatorów i administratora KGW;
- opracowanie programu prowadzenia eksploatacji próbnej;
- przygotowanie niezbędnych dokumentów organizacyjnych;

c) w zakresie prowadzenia eksploatacji próbnej i wstępnej:

- obserwacja funkcjonowania programów symulacyjnych oraz programów pomocniczych;
- ocena stopnia obciążenia graczy, ekspertów i administratora KGW;
- sprawdzenie czasochłonności procesu przygotowania danych wejściowych;
- sprawdzenie czułości modelu na zmiany parametrów wejściowych;
- ocena przydatności informacji wynikowych;
- usunięcie stwierdzonych wad i niedociągnięć;
- sporządzenie protokółu odbioru KGW i przekazanie jej do użytkowej eksploatacji.

Pomyślne zakończenie próbnej i wstępnej eksploatacji kończy długotrwały i narażony często na wiele trudności etap (proces) projektowania KGW.

5. Wykorzystanie komputerowej gry wojennej

Wszechstronna analiza możliwych obszarów zastosowań KGW wskazuje, że szczególnie użyteczną funkcję może ona spełniać jako:

- narzędzie doskonalenia kadr dowódczo-sztabowych;
- nowoczesne narzędzie naukowo-badawcze;
- nowoczesne narzędzie dydaktyczne.

Wykorzystanie KGW w charakterze **narzędzia doskonalenia kadr dowódczo-sztabowych** umożliwia między innymi:

- symulowanie przebiegu działań bojowych dla różnych wariantów decyzji – wybór wariantu najlepszego w danej sytuacji taktyczno-operacyjnej;
- sprawdzenie stopnia trafności podejmowanych decyzji przez ćwiczących;
- usprawnienie pracy zespołu autorskiego nad opracowaniem założeń i metodyki prowadzenia ćwiczenia;
- wspomaganie procesu opracowania ćwiczeń i gier wojennych (wypracowanie zamiaru, koncepcji – scenariusza rozegrania działań bojowych);
- usprawnienie kierowania przebiegiem ćwiczenia i wzbogacenie rozgrywanych sytuacji o elementy zbliżone do rzeczywistych procesów walki;
- bieżące reagowanie uczestników KGW na przebieg symulowanych działań bojowych;
- ocenę wpływu trafności podejmowanych decyzji na efektywność działań bojowych;
- sprawdzenie znajomości zasad dowodzenia oraz sztuki wojennej;
- nauczanie poprawnego toku rozumowania poprzez możliwość bieżącego obserwowania wpływu podejmowanych decyzji na przebieg symulowanych działań bojowych.

Wykorzystanie KGW w charakterze **narzędzia naukowo-badawczego** umożliwi:

- ocenę wpływu na przebieg i skuteczność działań bojowych między innymi:
  - * struktury organizacyjnej wojsk;
  - * struktury uzbrojenia wojsk;

* struktury ugrupowania bojowego pododdziałów i oddziałów;

– prognozowanie rozwoju struktury organizacyjnej i uzbrojenia oraz przebiegu symulacyjnych działań bojowych pododdziałów i oddziałów poszczególnych rodzajów wojsk;

– badanie wzajemnych uwarunkowań i zależności informacyjnych, organizacyjnych i funkcjonalnych oraz decyzyjnych systemu walki będącego przedmiotem gry;

– prowadzenie kompleksowych badań systemu będącego przedmiotem KGW w założonych warunkach hipotetycznych, a związanych z szeroko rozumianą strukturą systemu jak i jego otoczenia.

Komputerowa gra wojenna w obszarze zastosowań naukowo-badawczych spełniać może oprócz swojej podstawowej funkcji poznawczej także funkcję weryfikacyjną i formalizacyjną.

Poznawcza funkcja KGW przejawia się z całą siłą w procesie projektowania.

Weryfikacyjna funkcja KGW ujawnia się szczególnie w procesie eksperymentu symulacyjnego, kiedy to ścierają się różne koncepcje i hipotezy "wkomponowane" w mechanizm gry, jak i formułowane przez jej uczestników. Funkcję tę spełnia KGW szczególnie wówczas kiedy jej integralnym elementem jest moduł oceny podejmowanych przez uczestników gry decyzji.

Wykorzystywanie KGW w charakterze **narzędzia dydaktycznego** umożliwi między innymi:

– nauczanie wielostronne tzw. niejako równocześnie z rozwiązywaniem złożonych problemów decyzyjnych pojawiających się w procesie przebiegu KGW, jej uczestnicy zapoznają się z osiągnięciami, przedmiotem, pojęciami, a niekiedy i metodami badawczymi takich dyscyplin jak cybernetyka, informatyka, modelowanie matematyczne itp.;

– indywidualizację nauczania tzn. uczenie się w rytmie i w formie odpowiedniej do możliwości intelektualnych i percepcyjnych uczącego się;

– nauczanie myślenia w kategoriach systemowych co uzyskuje się poprzez odwzorowanie w symulacyjnych programach komputerowych takiej ilości elementów i takiego obszaru zjawisk oraz procesów modelowanego systemu działań bojowych (walki), którego dokładna analiza i ocena funkcjonowania

możliwa jest przy stosowaniu reguł myślenia systemowego;

- uczenie się poprzez "przewidywanie", a nie poprzez "szok" po skutkach błędnie podjętych decyzji;
- kształcenie w duchu innowacji i nieszablonowości;
- nauczanie poprawnego toku rozumowania poprzez możliwość bieżącego obserwowania wpływu podejmowanych decyzji na przebieg symulacyjnych działań bojowych;
- głębsze poznanie zjawisk i procesów walki, poprzez fakt, że KGW angażuje intelektualnie i emocjonalnie uczestników gry w stopniu znacznie większym niż inne metody aktywnego nauczania.

Przedstawione efekty wykorzystania KGW nie wyczerpują z pewnością wszystkich możliwości w tym względzie.

Pozwalają na wykazanie jej uniwersalnego charakteru.

II. ĆWICZENIA WOJSKOWE METODĄ WOJSKOWYCH BADAŃ NAUKOWYCH

Swoistą "pracownią" do badania strategii, sztuki operacyjnej i taktyki w czasie pokoju są ćwiczenia wojskowe. W tym ćwiczenia taktyczno-operacyjne. W okresie pokoju poligony wojskowe i place ćwiczeń zastępują rzeczywiste pole walki, a prowadzone na nich różne rodzaje ćwiczeń, zwłaszcza dwustronne, wieloszczeblowe z wojskami, imitują rzeczywiste działania bojowe. Odpowiednie określenie celów, sprecyzowanie problemów, stworzenie sytuacji taktyczno-operacyjnej oraz dobór metod badawczych dla poszczególnych ćwiczeń przynosi zarówno wysokie efekty szkoleniowe jak i stwarza dogodne warunki do prowadzenia badań naukowych. Dlatego też musi zachodzić ścisła korelacja pomiędzy określonymi celami, metodami badawczymi, a problemami z jakimi mamy do czynienia w konkretnym rodzaju ćwiczenia.

Ćwiczenia wojskowe /taktyczne i operacyjne/ stanowią "formę" /rodzaj/ organizacyjną praktycznego szkolenia oficerów, sztabów i wojsk w terenie lub pomieszczeniach, w którego ramach ćwiczący powinni działać zgodnie z zasadami taktycznymi /operacyjnymi/ zakładającymi istnienie w warunkach zbliżonych do warunków rzeczywistego pola walki"/[1]/. Tym samym umożliwiają zarówno realizację celów szkoleniowych, jak i badawczych.

Prowadząc rozważania na temat ćwiczeń jako miejsca prowadzenia badań skorzystamy z podziału na rodzaje przedstawionego w "Instrukcji o przygotowaniu i prowadzeniu ćwiczeń w SZ RP[2]/.

1/ Instrukcja o przygotowaniu i prowadzeniu ćwiczeń w SZ RP, Sztab Gen. 1402/92.

2/ Instrukcja o przygotowaniu i prowadzeniu ćwiczeń w SZ RP. Wyd. Szt.Gen. 1402/92.

Przeanalizujmy je z punktu widzenia określenia czasu możliwości ich realizacji.

W zależności od stopnia zbliżenia ćwiczebnych działań bojowych do rzeczywistego pola walki rozróżnia się następujące główne formy /rodzaje/ ćwiczeń:

- ćwiczenia grupowe;
- treningi sztabowe;
- ćwiczenia dowódczo-sztabowe'
- ćwiczenia szkieletowe;
- gry wojenne;
- ćwiczenia taktyczne z wojskami;
- ćwiczenia taktyczne ze strzelaniem.

Analiza wymienionych /wybranych/ ćwiczeń ma istotne znaczenie przy określaniu celów oraz dobrze umiejscowieniu problemów badawczych. Ponieważ w zależności od celów, możliwości "pojemnościowych" danego ćwiczenia, możliwości organizacyjnych i realizacyjnych /realizm/, można dobrać problemy badawcze lub tylko określić szanse ich badania w ćwiczeniu, to każde z ćwiczeń w większym lub mniejszym zakresie służyć może jako baza do prowadzenia badań. Wyżej wymienione ćwiczenia są w istocie rzeczy ćwiczeniami szkoleniowymi, ponieważ głównymi są cele szkoleniowe, zaś cele badawcze jeżeli występują to są celami drugorzędnymi. Z tego też powodu prowadzone badania w ćwiczeniach szkieletowych dostosowane są do przebiegu ćwiczenia i bez względu na ich wynik badań nie powtarza się żadnego etapu czy fragmentu ćwiczenia. Wyjątek stanowi wydzielone w ramach trwającego ćwiczenia szkoleniowego etapu do przeprowadzenia prostych eksperymentów / również bez możliwości ich powtarzania/. Taki fragment ćwiczenia nazywamy epizodem eksperymentalnym /doświadczalnym/. Natomiast w ćwiczeniach specjalnie organizowanych dla realizacji celów badawczych gdzie tłem jest "taktyka" badania mogą być powtarzane w poszczególnych etapach, fazach,

czy też fragmentach, aż do osiągnięcia zakładanego celu badawczego.

Zarówno epizody eksperymentalne jak i ćwiczenia doświadczalne prowadzi się z udziałem wydzielonych wojsk wraz z ich organami dowodzenia lub tylko z organami dowodzenia o składzie odpowiadającym założonym celom badawczym i charakterowi studiowanych problemów.

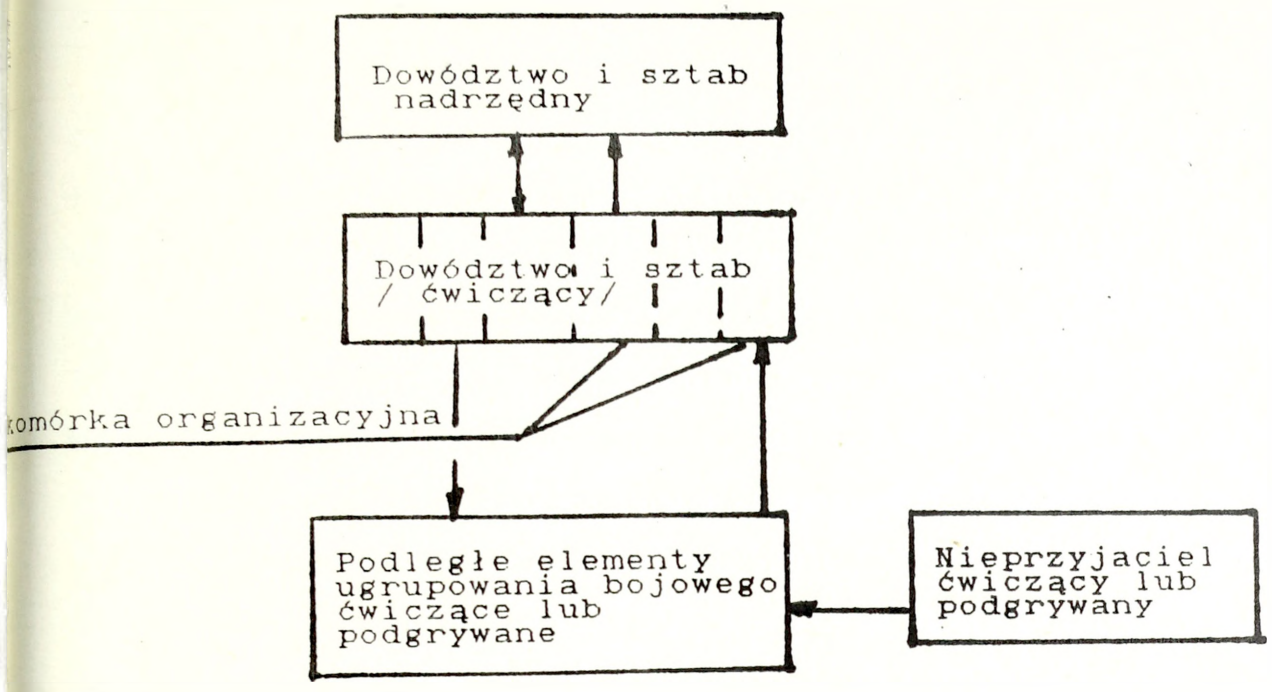
Ze względu na znaczenie przedsięwzięcia ćwiczenia doświadczalne i epizody eksperymentalne organizują i kierują nimi członkowie kierownictwa ministerstwa obrony narodowej, dowódcy okręgów wojskowych i rodzajów sił zbrojnych, szefowie instytucji centralnych MOB lub osoby przez nie upoważnione. Natomiast o prowadzeniu badań podczas ćwiczeń taktyczno-operacyjnych, o celach szkoleniowych decydują szefowie instytucji centralnych MON, dowódcy okręgów wojskowych i rodzajów sił zbrojnych oraz komendanci wyższych szkół wojskowych. Na szczeblu związków taktycznych ich dowódcy mogą organizować badania podczas ćwiczeń szkieletowych na zlecenie lub po uzyskaniu zgody swoich przełożonych.

Do prowadzenia działalności badawczej, bez względu na rodzaj ćwiczenia powoływane są zespoły lub grupy badawcze, ewentualnie grupy kontrolne oraz oficerowie kierownictwa i sztabu kierownictwa ćwiczenia. W wyjątkowych wypadkach niektóre zadania badawcze powierzane są rozjemcom.

Spełnienie przez ćwiczenia taktyczno-operacyjne przedstawionych funkcji zależy jednakże od odpowiedniego przygotowania i właściwego doboru i prowadzenia ćwiczenia. Bez względu na rodzaj ćwiczenia w większości z nich ćwiczą dowództwa i sztaby, przełożeni i podwładni, oficerowie i wojska. W każdym z tych sztabów występują określone piony funkcjonalne /komórki organizacyjne - oddziały, wydziały, sekcje/, w każdym z nich funkcjonują oficerowie na swoich etatowych stanowiskach służbowych. Każda z tych

komórek i osób funkcjonuje w określonym systemie dowodzenia, graficznie przedstawia to schemat 1.

Schemat 1.



Cały proces szkolenia i prowadzonych badań rozgrywa się w oparciu o tego typu układ strukturalny. Zadaniem przeprowadzonych ćwiczeń jest między innymi umożliwienie realizacji zarówno celów szkoleniowych, jak i badawczych. W zależności od rodzaju ćwiczenia celem szkoleniowym może być "nauczyć" lub "zgrać", natomiast celem badawczym naukowe przebadanie zjawisk jakie zachodzą /towarzyszą/ zarówno podczas nauczania, zgrywania jak i sprawdzania wcześniejszych założeń teoretycznych dotyczących danego szczebla czy formy.

Ćwiczenie grupowe jest najprostszym rodzajem ćwiczenia taktycznego, podczas którego wszyscy uczestnicy występują równocześnie w tej samej roli. Kierownik ćwiczenia lub grupy szkoleniowej występuje w roli dowódcy wyższego szczebla, a także informuje ćwiczących o sytuacji operacyjno-taktycznej, w tym obejmującej szczeble niższe, sąsiadów i nieprzyjaciela.

Celem ćwiczeń grupowych jest uczyć metodyki pracy dowódcy lub oficera sztabu na swoim etatowym stanowisku tego, co powinien umieć wykonywać w czasie różnych działań bojowych. Poza tym rozwijać u niego umiejętności manualne i umysłowe.1/

Dla celów badawczych ta forma ćwiczenia ma niewielkie znaczenie ze względu na ograniczony żasięg, znikome użycie sprzętu i małą ilość uczestników. Nie znaczy to, że wszelka działalność badawcza nie ma racji bytu. Cwiczenia grupowe stanowią bogatą bazę dla prowadzenia badań z zakresu np. psychologii, w którym to badać możemy np. efektywność pracy oficera sztabu z określeniem jego cech osobowo-zawodowych, jak: motywacji do pracy, zdolności, charakteru, postaw, umiejętności itp.

W celach badawczych przyjmowanych podczas rozwiązywania problemów dotyczących np. motywacji efektywności pracy oficera sztabu wskazanym byłoby brać pod uwagę dwa kryteria: pierwsze to związek motywów z celami działalności na danym stanowisku etatowym lub kolejnym i drugie, to stopień natężenia motywacji / siła motywacji/.

Innym z istotnych czynników wywierających wpływ na efektywność pracy oficera sztabu, który to może badać podczas ćwiczeń grupowych jest jego poziom umysłowy. Określenie "rozwoju umysłowego" jest jednak tak złożone, że trudno określić jego zakres. W najszerszym ujęciu obejmuje ono w zakresie pamięci, wyobraźni, percepcji pojęć oraz zdolności rozwiązywania problemów.2/ Tak więc rozwój umysłowy wyznaczony jest poziomem różnorodnych zdolności intelektualnych, stanowiących podstawę różnic indywidualnych w rezultatach działań.3/ Stosownie do powyższych cech

---

1/ Zbiór. Metodyka ćwiczeń taktycznych /opracowanie, organizowanie i prowadzenie/ podręcznik ASG WP, Warszawa 1981, s.16.

2/ Por. K.C.Carrison, Rozwój umysłowy /w:/ Ch.E.Skiner /red./ Psychologia wychowania, PWN, Warszawa 1971, s. 204.

3/ Por. Z.Pietrasiński, Zdolności /w:/ T.Tomaszewski /red./ Psychologia, PWN. wyd. IV, Warszawa 1978, s.735.

można określić cele badawcze, które realizować można podczas ćwiczeń grupowych.

W zależności od rodzaju działalności oficera np. jakie zajmuje stanowisko podczas ćwiczenia grupowego, można badać zdolności kierunkowe. A więc dowódcze, sztabowe, dowódczo-sztabowe dowódczo-organizacyjne, dydaktyczne.[1/]

W badaniach pomiaru zdolności mogą być wykorzystane: analiza dokumentów, wywiad, testy psychologiczne, obserwacja. W ramach badań prowadzonych podczas ćwiczeń grupowych, gdzie badaniu podlegać będzie zespół oficerów wykorzystywany jest głównie test Ravena. Służy on przede wszystkim do pomiaru zdolności percepcyjnych / spostrzegania, wyobraźni, myślenia, uwagi/. Składa się on z 60 zadań o wzrastającej trudności, z których każde wymaga uzupełnienia luki w rysunku, złożonym z reguły z 9 figur.

Po dokonaniu odpowiednich przeliczeń otrzymuje się ogólny iloraz inteligencji, który informuje o ogólnym poziomie intelektualnym oficera.

Poza tym stosować można testy uzdolnień. Wskazują one na pewne zdolności potencjalne, których rozwiązanie w procesie szkolenia / w ramach ćwiczeń/ może być bardzo korzystne, zarówno dla wyników efektywności wewnętrznej jak i pracy zawodowej /efektywności funkcjonalnej/. Zdolności specjalne decydują najczęściej o sukcesie zawodowym i dlatego też ich wykrycie, a następnie rozwijanie jest tak istotne. Praktyka wykazuje, że w pracy zawodowej nie zawsze odnoszą sukcesy ci, którzy legitymowali się największą średnią ocen zarówno podczas studiów w WSO jak i akademii, a obsadzanie nimi stanowisk, na których wymagany jest

---

1/ Jedną z ciekawszych klasyfikacji zdolności prezentuje B.Szulc w: "Doskonalenie procesu wyłaniania i kształcenia słuchaczy szczególnie uzdolnionych w ASG WP" , rozprawa doktorska, Warszawa 1983r. Wymienia on następujące zdolności, które powinien posiadać oficer sztabu: poznawcze, organizatorsko-kierownicze, emotywne, wychowawcze i twórcze.

zmysł np. organizatorski przynieść może mierne efekty końcowe. Ze względu na duża wagę tego typu badań /podobnie zresztą jak wszystkich wojskowych badań naukowych/ winny być one prowadzone przez badaczy odpowiednio do tego przygotowanych, to znaczy posiadających kwalifikacje psychologiczne.

Poza tym są to typowe ćwiczenia o dominacji stosowanych w nich metod dydaktycznych np. metoda sytuacyjna, powodująca w miarę realne i obiektywne zinterpretowanie, sprowadzające się np.do umownego położenia wojsk własnych i nieprzyjaciela, następnie przedstawienie zmian, jakie zaszły w tym położeniu w toku prowadzenia walki. Szerokie stosowanie w ramach ćwiczeń grupowych ma metoda dyskusji. Dyskusja umożliwia badanie siły argumentów i sposobów rozumowania przy wypracowaniu decyzji.

Cele badawcze określane w ćwiczeniach grupowych sprowadzają się najczęściej do oceny położenia, prowadzenia prac kalkulacyjnych, podejmowania decyzji, opracowania dokumentów bojowych, organizacji współdziałania i zabezpieczenia działań bojowych. W sumie badanymi problemami mogą być np: sposoby rozwiązywania pojedynczych lub cząstkowych zadań taktycznych, przesłanki decyzji, logika argumentacji faktów, stopień wykorzystania wiedzy nabytej, w tym np. stosowanie regulaminów itp. Natomiast do ograniczeń powodujących niewielka "pojemność" tego rodzaju ćwiczeń dla celów badawczych możemy zaliczyć między innymi specyficzną formę zajęć/ nie można wtrącać się do pracy na płaszczyźnie nauczyciel-słuchacz, kierownik /dowódca/ - oficer ćwiczący na danym stanowisku; czas trwania zajęć; mało istotna ze względu na statyczność sytuacja taktyczna; wąskie ściśle określone zagadnienia szkoleniowe i inne/.

Trening sztabowy sprowadza się w sumie do realizacji najczęściej jednego zagadnienia szkoleniowego. Jego celem jest doskonalenie umiejętności oficerów sztabu /komórek organizacyjnych

występujących w sztabie całego sztabu/ w nabywaniu umiejętności wchodzących w zakres obowiązków funkcyjnych w dziedzinie organizacji i prowadzenia walki. Poza tym celem treningu może być "zgrywanie" działalności całego sztabu przy wykonywaniu praktycznych zadań sztabowych na tle określonej sytuacji taktycznej[1].

Istota treningu sztabowego polega na tym, że szkoleni pod kierownictwem przełożonego na tle sytuacji taktycznej wykonują określone czynności /odpowiednio do zajmowanych stanowisk służbowych/ aż do osiągnięcia określonego /pożądanego/ stopnia umiejętności lub nawyków. W tego typu ćwiczeniach badacz /prowadzący badania/ może być obserwatorem lub jednym z uczestników treningu. Cele badawcze w treningach sprowadzają się najczęściej do określenia: umiejętności zbierania, studiowania i analizowania danych potrzebnych do wypracowania decyzji dowódcy, organizowania zarówno systemów mobilizacyjnych i alarmowych wraz z ich uruchamianiem jak i przeprowadzania marszu kolumn sztabowych, przesuwania i rozwijania punktów dowodzenia itp. Trening sztabowy w odróżnieniu od ćwiczeń grupowych jako forma szkolenia operacyjno-taktycznego organizowany jest przede wszystkim w związkach taktycznych i oddziałach, sztaby pododdziałów szkolą się najczęściej ze sztabami pułków. Forma ta jest bardzo wartościowa dla szkolących się sztabów z punktu widzenia praktycznego opanowania konkretnych czynności. Jednak ze względu na znaczny stopień występujących tam umowności i ograniczeń nie posiada zbyt dużych wartości naukowo-badawczych. Nie oznacza to braku możliwości traktowania treningów sztabowych jako bazy dla rozwiązywania problemów badawczych. Trening sztabowy stanowić może dodatkowe źródło dostarczające danych /typowo teoretycznych/

1/ Zbior., Metodyka ćwiczeń taktycznych /opracowanie, organizowanie i prowadzenie/. Podręcznik, ASG WP Warszawa 1981 s. 16.

stanowiących punkt wyjścia do badań prowadzonych w szerszym zakresie. W ramach treningu sztabowego najczęściej występować mogą próby identyfikujące problemy, jakie mogą wynikać z wcześniej przedstawionych zagadnień, np. mobilizacyjne rozwinięcie wojsk związku taktycznego. Podczas treningów sztabowych można badać procesy dowodzenia, zachowanie się ćwiczących, sprawność rozwijania punktów dowodzenia itp.

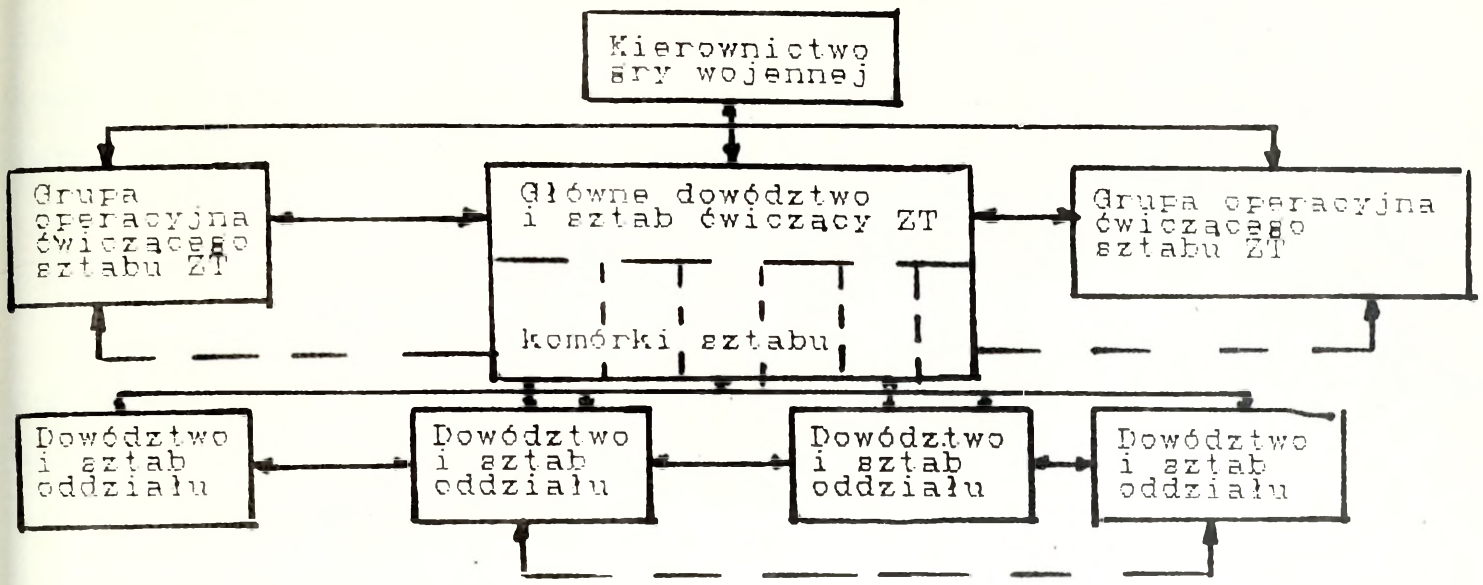
Podstawową metodą stosowaną podczas treningu sztabowego może być obserwacja połączona z analizą. Pozwalają one na wyodrębnienie poszczególnych zdarzeń i sytuacji, w następstwie których ustala się interesujące podmioty działania, przeprowadza się wstępne ustalenia wzajemnych związków i uzależnień między poszczególnymi zdarzeniami, co nosi już znamiona oceny danej sytuacji.

W wyniku coraz szerszego stosowania komputerów w tej formie szkolenia, podejmowanie decyzji może być oparte na wyniku stosowanych uogólnień, porównań czy analogii.

Gry wojenne - celem tych ćwiczeń jest doskonalenie się poszczególnych oficerów sztabu w wykonywaniu obowiązków funkcyjnych na swoich stanowiskach służbowych lub na przewidywanych dla nich w przyszłości w składzie dowództwa /sztabu/ danego szczebla i często w składzie wielu szczebli organizacyjnych. Odbywające się szkolenie sztabu polega na zgrywaniu współpracy pomiędzy komórkami organizacyjnymi sztabu, które w uproszczony sposób przedstawiono na schemacie 2.

Podczas gry rozważa się najczęściej epizodyczne, ważne aktualnie /niekiedy perspektywicznie/ problemy nauki wojennej, najczęściej w wymiarze taktycznym, taktyczno-operacyjnym, operacyjnym lub operacyjno-strategicznym, chociaż mogą także być rozgrywane i rozpatrywane ważne problemy strategiczne. Rozgrywanie poszczególnych sytuacji powiązane jest z późniejszym ich zespołowym omówieniem /dyskusja/.

Schemat 2.



Uproszczony obraz wymiany informacji podczas gry wojennej dwuszczeblowej.

Ten rodzaj ćwiczeń kształtuje wyobraźnię taktyczno-operacyjną oraz zdolności przewidywania występujących tam skomplikowanych sytuacji związanych z całą złożonością przyszłego pola walki.

W ramach gier wojennych rozpatrywane są epizody taktyczne lub operacyjne w dowolnym miejscu, bez uwzględnienia rzeczywistych możliwości działania sztabów w terenie, występuje duża umowność co do praktycznego działania sztabu. Ale są to umowności, które w istocie rzeczy pozwalają na rozwiązywanie skomplikowanych problemów taktyczno-operacyjnych jakie mogą zaistnieć na hipotetycznym polu walki. Uczestnicy gier "mogą staczać umowne walki z wojskami przypuszczalnego nieprzyjaciela/ przy uwzględnieniu jego faktycznej organizacji i uzbrojenia/ oraz zakładać ich prowadzenie na kierunkach i w rejonach najbardziej prawdopodobnych z punktu widzenia przyszłych działań zbrojnych". Poza tym w ramach rozgrywanych gier wojennych cele badawcze mogą dotyczyć weryfikacji wcześniej opracowanych założeń taktycznych

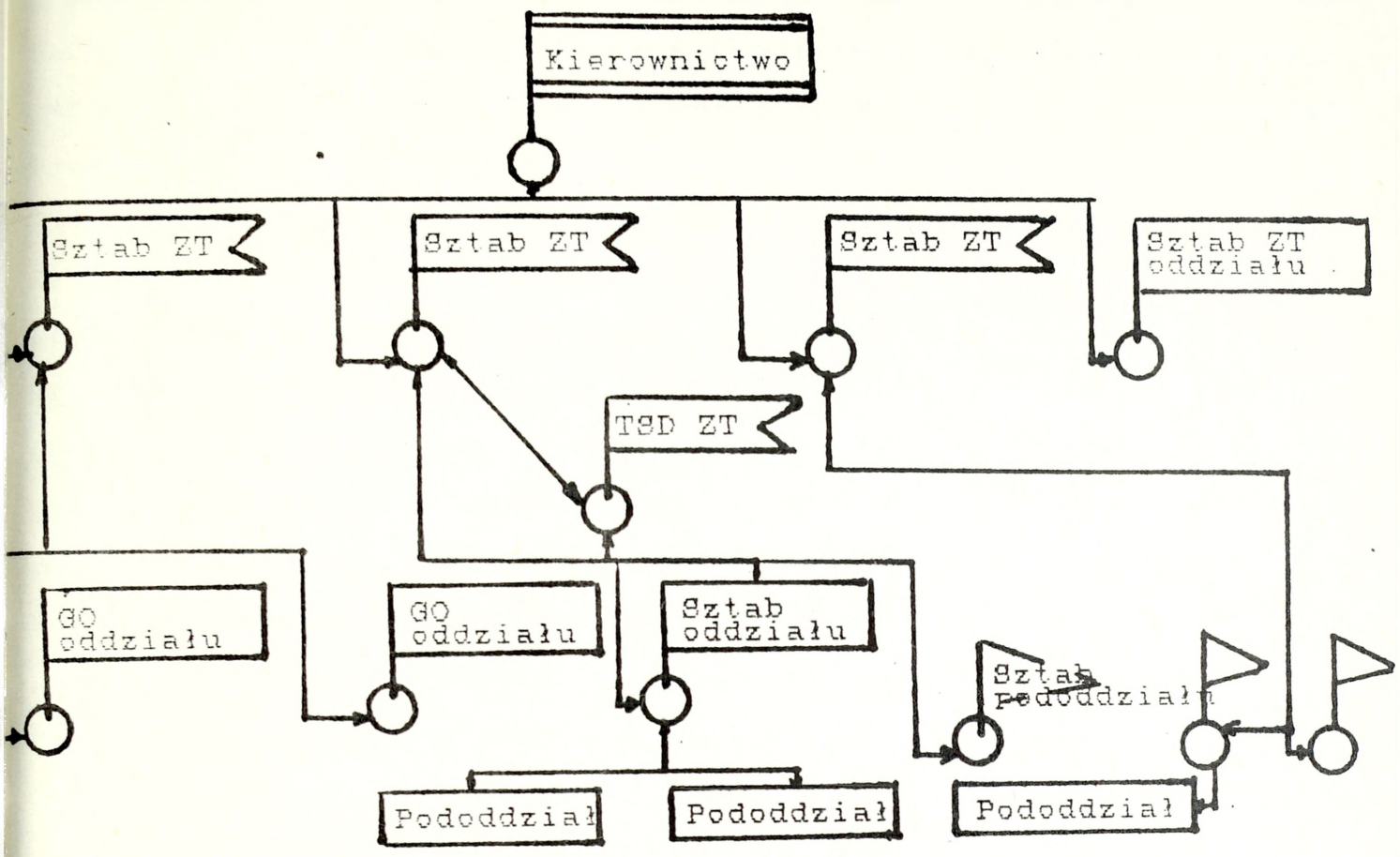
/taktyczno-operacyjnych/ umożliwiających w efekcie lepsze poznanie możliwości potencjalnego przeciwnika oraz wypracowanie doskonalszych koncepcji prowadzenia z nimi walki. Pole badawcze tej formy ćwiczeń jest niewspółmiernie bogatsze od ćwiczeń prezentowanych wcześniej, chociaż jeżeli chodzi o sytuację taktyczno-operacyjną to umowność jest podobna.

Ćwiczenia szkieletowe - stanowią przeciwieństwo w stosunku do gier wojennych z punktu widzenia miejsca ich rozgrywania. Rozgrywane są wyłącznie w terenie, gdzie wykonywane są praktycznie wszystkie czynności dowództw i sztabów w zakresie organizacji i prowadzenia walki. Ćwiczące dowództwa i sztaby rozmieszczone są w odległościach w zasadzie zgodnych z rzeczywistą sytuacją taktyczno-operacyjną. Cele badawcze ćwiczeń szkieletowych dotyczą najczęściej nauczania metodyki pracy oficerów sztabu oraz doskonalenia umiejętności dowódców i oficerów sztabu w organizowaniu dowodzenia oraz rozwiązywaniu taktycznych problemów pola walki. Poza tym dotyczą nauczania oficerów współdziałania pomiędzy poszczególnymi komórkami sztabów i pomiędzy sztabami /podwładny-ćwiczący-przełożony/, w sposób graficzny przedstawia to schemat 3.

Ze względu na zaangażowanie znacznych sił i środków w tego rodzaju ćwiczeniach oraz faktu prowadzenia ich w terenie powoduje, że stanowią one bogate pole badawcze. Poza tym ma tu miejsce znacznie mniejsza umowność w stosunku do ćwiczeń przedstawionych wcześniej.

Treść badań prowadzonych podczas ćwiczeń szkieletowych mogą stanowić problemy dowodzenia, jego organizacji i praktycznej realizacji w toku działań. Ze względu na działanie ćwiczących w terenie i w realnym czasie, zgodnie z przyjętą w ćwiczeniu sytuacją taktyczno-operacyjną, wykorzystując w pełni środki łączności stworzone są warunki do badania działania sił i środków

Schemat 3



Przykładowa struktura ćwiczenia szkieletowego.

łączności, regulacji ruchu itp. Najlepsze możliwości istnieją jednak do określenia i realizacji celów badawczych dotyczących procesów dowodzenia np. w pracy sztabów w działaniu zespołowym, kierowaniu działaniem niższych sztabów, organizacji przemarszu kolumn sztabowych, przesuwaniu i rozwijaniu punktów dowodzenia, a także problematyki dotyczącej działalności ćwiczących w zakresie współdziałania z wyższymi i równorzędnymi sztabami.

Powyższe właściwości ćwiczeń szkieletowych w połączeniu z zespołami badawczymi odpowiednio przygotowanymi przede wszystkim pod względem merytorycznym, znajomości metodologii badań i doskonałej znajomości zasad i organizacji pracy wewnątrz sztabu, stanowią doskonałą bazę badawczą. Ale tylko stanowią, ponieważ

wykorzystanie ćwiczeń szkieletowych do prowadzenia w nich badań naukowych jest na dzień dzisiejszy znikome.[1/] A przecież w ramach ćwiczeń szkieletowych można realizować, oprócz wymienionych bardzo istotne grupy celów badawczych np. poznawcze, psychologiczne czy też utylitarne.

Przykładem badań prowadzonych w ramach ćwiczeń szkieletowych może być badanie ich struktury organizacyjnej, a w nich zagadnień dotyczących np. źródeł informacji taktyczno-operacyjnej które jak to prezentuje schemat 3 mogą być dostarczane i otrzymywane od przełożonego /nadrzędne organy dowodzenia/, podwładnych /podległe elementy ugrupowania bojowego oraz sąsiadów/. Bardzo cennym zjawiskiem są realnie występujące "źródła informacji" występujące w przewidywanych działaniach bojowych. Można więc traktować te "źródła" jako tożsame z elementami występującymi w czasie realnych działań. Bogactwo problematyki badawczej polega na tym, że każda z badanych "źródeł" informacji tworząc swoisty system informacyjny jest jednocześnie odbiorcą i dawcą informacji dla pozostałych elementów systemy.

Zrozumiałym jest, że możliwości prowadzenia badań są proporcjonalne przede wszystkim do szczeblowości i liczby stron ćwiczących. Największe możliwości badawcze stwarzają ćwiczenia wielostczeblowe i dwustronne. Można w nich badać w bardzo szerokim zakresie nie tylko problematykę dowodzenia i pracy sztabów oddzielnie lecz również w powiązaniu z działaniem wojsk występujących w ćwiczeniu. Niektóre aspekty pracy dowództw i sztabów oraz fragmenty ćwiczeń z udziałem wojsk mogą być badane eksperymentalnie.

1/ Konkretne dane na temat wykorzystania ćwiczeń szkieletowych do prowadzenia w nich badań naukowych zawiera rozprawa habilitacyjna T. Bogusza i M. Kucharskiego "Modelowe ujęcie organizowania i prowadzenia wojskowych badań naukowych podczas ćwiczeń", AON, Warszawa 1990 r.

Zakres problematyki badawczej wzrasta w momencie łączenia ćwiczeń szkieletowych z grami wojennymi i włączania wydzielonych wojsk, a także wtedy, gdy tło operacyjno-taktyczne obejmuje działania także poza granicami kraju.[1] Ćwiczenie szkieletowe prowadzone jest w tym przypadku do granicy państwa, natomiast w momencie jej "przekroczenia" rozpoczyna się gra wojenna. Problemami badawczymi w tym typie ćwiczenia mogą być np. przegrupowanie wojsk na duże odległości, wysadzanie desantów morskich i powietrznych itp.

Ćwiczenia z wojskami stanowią zasadniczy rodzaj ćwiczeń taktycznych. Reprezentują one warunki najbardziej zbliżone do hipotetycznego pola walki, tym samym zmuszają zarówno wojska jak i sztaby do pełnego wykorzystania umiejętności oraz walorów sprzętu bojowego podczas wykonywania postawionych zadań. Co w efekcie stwarza doskonałe warunki dla prowadzenia badań.
Określenie celów badawczych ćwiczeniach z wojskami dotyczy najczęściej doskonalenia umiejętności dowództw i sztabów w zakresie kierowania i zrywania systemów dowodzenia z wykonywaniem zadań przez oddziały i pododdziały do pojedynczego żołnierza włącznie / różnych rodzajów sił zbrojnych, wojsk i służb/ w warunkach najbardziej realistycznie odzwierciedlających przyszłe pole walki.

Ze względu na charakter i walory badawcze ćwiczenia z wojskami mogą być podstawowym weryfikatorem ważniejszych założeń teoretycznych. Można w nich w sposób planowy i skoordynowany realizować cele szkoleniowe i badawcze. Potencjalne możliwości badawcze tego rodzaju ćwiczeń są ograniczone w zasadzie tylko rozmachem / szczeblem/ ćwiczenia i zakresem przerabianej tematyki. Można podczas tych ćwiczeń badać zarówno problemy dowodze-

---

1/ Por. Metodyka ćwiczeń taktycznych /opracowanie, organizowanie i prowadzenie/ . Podręcznik , ASG WP, Warszawa 1981, s. 22.

nia, pracy sztabów, jak i działania wojsk. Znaczącą rolę dla badania / podobnie jak i do szkolenia/ odgrywa realizm ćwiczenia, na który składa się założenie, tło operacyjno-taktyczne, pozoracja, stosowanie amunicji bojowej i materiałów wybuchowych oraz warunki terenowe w jakich prowadzone są ćwiczenia, różnorodność pór roku i doby itp. Jeżeli natomiast chodzi o zastosowanie metod badawczych, to raczej znajdują tu zastosowanie metody o charakterze empirycznym takie jak obserwacja, eksperyment, wywiad, opis i ankietowanie.

Ćwiczenia doświadczalne /eksperymentalne/. Ze względu na specyficzny charakter badań wyodrębniliśmy ćwiczenia doświadczalne /eksperymentalne/ jako oddzielną formę ćwiczeń, których celem może być:

- sprawdzenie słuszności założeń teoretycznych prowadzenia działań bojowych w różnych warunkach terenowych i atmosferycznych, zweryfikowania lub wypracowania nowych zasad prowadzenia działań bojowych;
- sprawdzenie istniejącej lub nowo wypracowanej organizacji wojsk;
- ustalenie bardziej wydajnych i racjonalnych metod oraz form szkolenia;
- określenie stopnia przydatności nowych rodzajów techniki wojskowej;
- inne.

W ramach ćwiczeń doświadczalnych mogą być, podobnie jak w ćwiczeniach z wojskami, określone i realizowane cele badawcze dotyczące rozwiązywania problemów z zakresu psychicznego i fizycznego przygotowania żołnierzy do współczesnych działań bojowych.

Ze względu na specyficzny charakter ćwiczeń doświadczalnych i rozpatrywane w nich cele typowo badawcze w sposób bardziej

szczegółowy potraktowaliśmy ten rodzaj ćwiczeń. Rozpatrzymy je zarówno w aspekcie przygotowania jak i prowadzenia samych badań. Tego typu czynności są podobne do czynności związanych z prowadzeniem badań np. w ćwiczeniach z wojskami.

Przygotowanie ćwiczenia doświadczalnego /eksperymentalnego/ jego organizacja, przebieg i omówienie są podporządkowane ściśle założonym problemom badawczym /cele eksperymentu/. Jak już wspomnieliśmy zasady organizowania zespołowej pracy badawczej na tego typu ćwiczenia są takie same jak w ćwiczeniach, w których występują cele mieszane /np. ćwiczenia z wojskami/ z tą tylko różnicą, że kierownictwo ćwiczenia doświadczalnego jest w zasadzie tożsame z kierownictwem zespołu badawczego oraz, że niemal cały wysiłek zespołu badawczego skupiony jest na jednej metodzie - eksperymencie. W związku z tym sprawą zasadniczą jest stworzenie odpowiedniej sytuacji eksperymentalnej.

Określenie możliwości prowadzenia badań ściśle związane jest z określeniem stopnia realizmu poszczególnych ćwiczeń. Zarówno przedstawienie możliwości jak i stopień realizacji występujący w omawianych ćwiczeniach uzmysławia nam, które z ćwiczeń stanowią dla badacza najbogatszą bazę służącą nie tylko weryfikacjom badań teoretycznych, ale także stanowią najbogatszy warsztat naukowy stanowiący szeroką gamę dla określenia celów badawczych, by w efekcie ich realizacja służyła opracowaniu nowych zasad i założeń taktyczno-operacyjnych. Tego typu ćwiczenia są dla badacza swoistym "... teatrem działań wojennych, na którym koncentruje się twórcza działalność dowódców, oficerów sztabu i pracowników naukowych uczelni wojskowych, mająca na celu wzbogacenie teorii sztuki wojennej oraz ustalenie praktycznych rozważań taktyczno-operacyjnych, a nawet strategicznych"1/.

1/ Praca zespołowa, Zasady badania teorii wojskowej w czasie ćwiczeń, AON WP, Warszawa 1981, s.9.

Jednym z ważniejszych i zarazem najtrudniejszych przedsięwzięć przygotowujących badania jest dobór metod i technik badawczych. Dobór jest ściśle uzależniony od celów badań, charakteru problemów badawczych, bazy materiałowo-technicznej oraz wiedzy i doświadczenia prowadzących badania. Istotnym jest, by przy doborze metod badawczych uwzględniać ich pracochłonność oraz związane z nimi nakłady materiałowe i finansowe. Czyli kierować się zasadą ekonomicznego działania bez względu na to, czy są one rozpatrywane z punktu widzenia wydajności tzn. pozwala na uzyskanie znacznych efektów przy określonych nakładach finansowo-materiałowych, czy też oszczędności tzn. uzyskanie pewnych efektów ale przy minimalnych nakładach. W sumie chodzi o to samo - optymalne ekonomiczne działanie zespołów badawczych.[1]

W takim rozumieniu dobór metod i technik badawczych dokonywany jest najczęściej w dwóch etapach, które graficznie obrazuje schemat 1.

W etapie pierwszym ustala się zbiór wszelkich metod nadających się do rozwiązywania natomiast w drugim dokonywany jest wybór konkretnej metody i techniki badawczej, mającej mieć zastosowanie w ćwiczeniu, dostosowuje się je do specyfiki badanego problemu, czy zagadnienia. Na tym etapie pomocnym jest wykorzystanie zależności epistemologicznych i propozycji ekspertów, poleganie na własnej intuicji oraz posługiwanie się opracowanymi modelami teoretycznymi lub analogią. Można stosować "burzę mózgów", grę decyzyjną lub dyskusję.

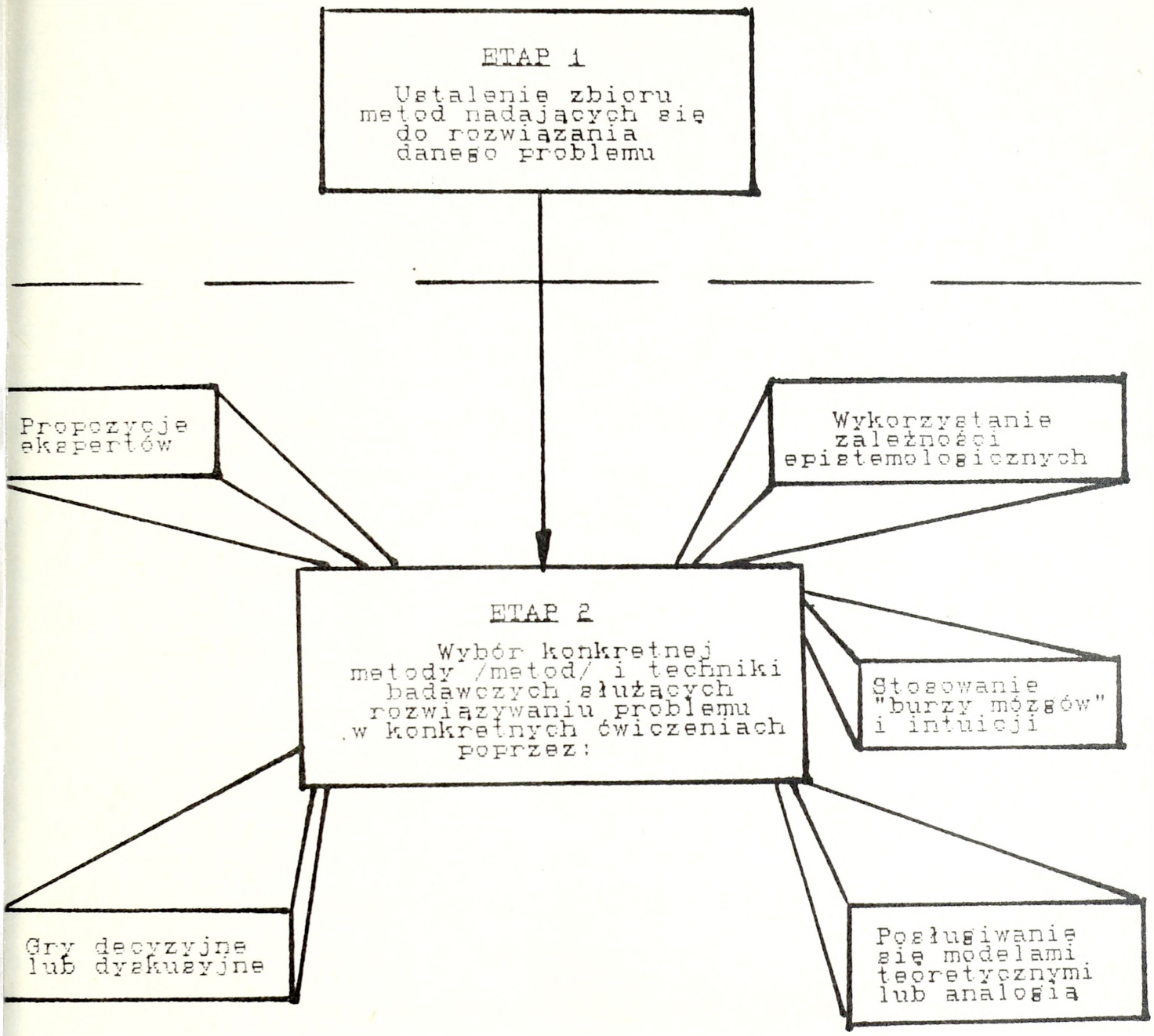
a. Wykorzystanie zależności epistemologicznych
/ teoriopoznawczych/.

Sposób rozwiązania problemu /zagadnienia/ badawczego jest zdeterminowany istotą przedmiotu wojskowych badań naukowych.

1/ Por. Praca zespołowa, Zasady badania teorii wojskowej w czasie ćwiczeń, AON WP Warszawa 1981, s.32.

Schemat 1

Etapy doboru metod i technik badawczych



Ustalenie zależności między istotą przedmiotu badań a właściwymi mu metodami i technikami badawczymi przeprowadzony jest w wyniku operacji myślowych. Sprowadzają się one do głębokiego i wnikliwego analizowania przedmiotu badań, charakteru zjawisk i zachodzących procesów zgodnie z porządkiem ich rozwoju, analizowaniu poszczególnych części składowych przedmiotu badań w oderwaniu od całości oraz analizowaniu związków i zależności występujących między poszczególnymi elementami i procesami.W wyniku analizy poszczególnych części problemu /podproblemów, problemów szczegółowych/ i występujących tam związków lub zależności dobierane są metody lub techniki badawcze.

Dokonując analizy problemu badawczego istotnym jest dokonywanie jej w oparciu o cztery grupy czynników występujących w walce zbrojnej, są nimi: żołnierze, broń i sprzęt techniczny, środowisko i informacje /relacje informacyjne/. W zależności od tego, który z wymienionych czynników odgrywa dominującą rolę w danym podproblemie, zagadnieniu badanym, należy dobrać właściwą metodę i technikę badawczą.

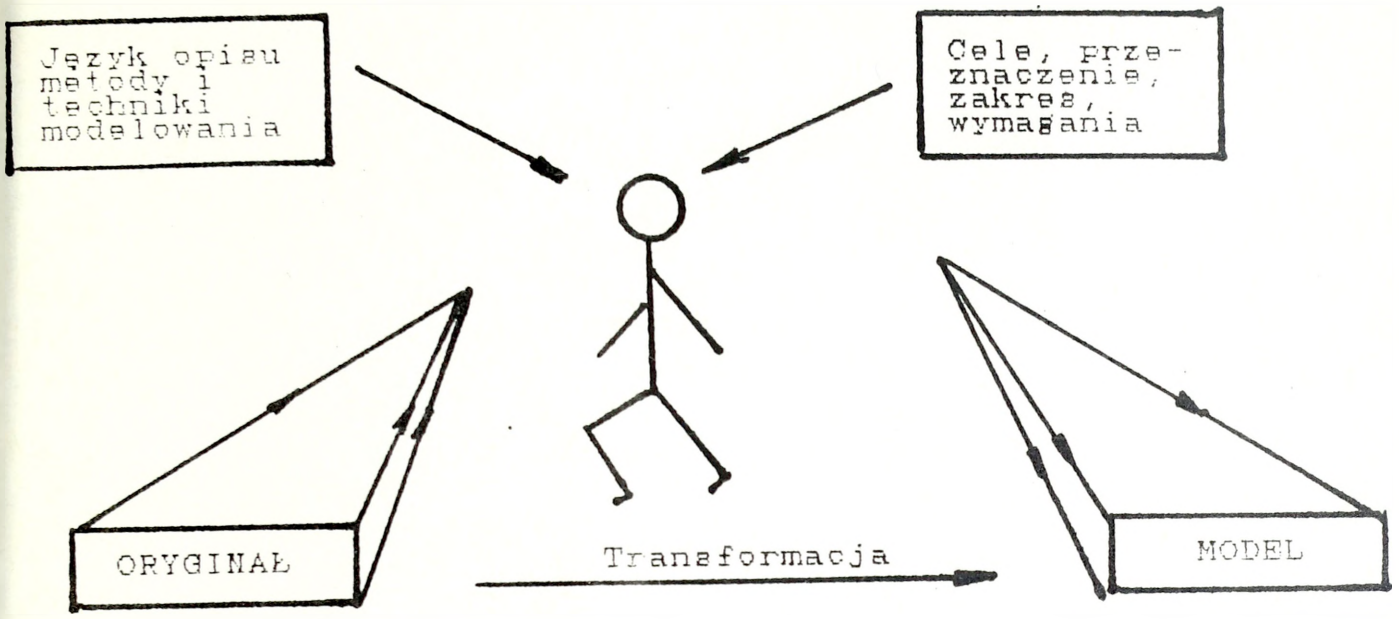
b. Posługiwanie się modelami teoretycznymi lub analogią.

Ustalenie metody lub techniki badawczej do rozwiązywania problemu lub zagadnień podczas konkretnego ćwiczenia, sprowadza się do:

a/ pamięciowego lub graficznego odwzorowania przedmiotu badań w postaci jednego lub kilku możliwych wariantów strukturalnych, funkcjonalnych lub informatycznych. Najczęściej polega to na określeniu jednego istotnego dla problematyki badań elementu, w którym ześrodkowują się zagadnienia główne i tworzy jego model. "Przez model rozumiemy taki dający się po myśli lub materialnie zrealizować układ, który odzwierciedlając lub odtwarzając przedmiot badania, zdolny jest zastąpić go tak, że jego

badanie dostarcza nam nowej informacji o tym przedmiocie [1/] . Graficznie, uwarunkowania procesu modelowania [2/] przedstawia rysunek 1.

Rysunek 1.



b/ dobrania do każdego z elementów modelu badania zgodnego z istotą i naturą tego elementu;

c/ rozumowego rozwiązania albo przynajmniej przeprowadzenia prób takiego rozwiązania za pomocą skojarzonych wcześniej sposobów badania lub sposobów, które powstają w trakcie próby rozwiązania oraz zestawieniu tych cząstkowych sposobów prowadzenia badń w zwartą procedurę;

1/ W.Sztoff, Modelowani i filozofia, PWN, Warszawa 1971.

2/ Praca zespołowa, Metodyka wojskowych badań naukowych cz.II. Metody sformalizowane, podręcznik, AGG WP Warszawa 1989, s.12.

d/ krytycznego rozważenia i oszacowania możliwej do osiągnięcia skuteczności badań w wypadku przeprowadzenia ich według ustalonej procedury;

e/ wprowadzenia korekt do procedury badań i nadanie jej postaci metody lub technik badawczych.

Posługiwanie się analogią do ustalenia metod i technik badawczych polega na przenoszeniu metod i technik stosowanych podczas rozwiązywania innych problemów czy zagadnień, charakteryzujących się znacznym podobieństwem do tych, które mamy badać. Np. jeżeli badana dostatecznie reprezentatywna liczba zjawisk należących do danego rodzaju, posiada te same właściwości, to na tej podstawie uzasadnionym staje się twierdzenie, poprzez analogię, że inne zjawiska należące do tegoż rodzaju będą posiadały te właściwości.[1/] Z tego też powodu metoda lub technika badawcza stosowana w badaniach wcześniejszych tych samych problemów lub zagadnień może być przenoszona bezpośrednio lub po zmodyfikowaniu do badań podobnych problemów. Stosowanie analogii można rozszerzać poprzez zaangażowanie reprezentatywnej grupy oficerów do wyrażenia swojej opinii o wydziale lub ankiecie.

c. "Burza mózgów"

W celu określenia metod i technik badawczych można powołać zespół, składający się z 6-15 osób prezentujących różne specjalności oraz posiadających bogate doświadczenie, zarówno w prowadzeniu samych badań jak i badanej problematyki. Najskuteczniejsze w działaniu są zespoły składające się z około 40-70% specjalistów z dziedziny badanego problemu, 20-50% specjalistów z dziedzin pokrewnych oraz 10-40% osób profesjonalnie nie

---

1/ Por. Praca zbiorowa, Metodyka wojskowych badań naukowych AGG WP Warszawa 1983, s.141

związanych z badanym problemem. Praca zespołu polega na poszukiwaniu pomysłów w wyniku intensywnego ale krótkotrwałego /od kilkunastu minut do godziny/ spotkania i wyrażenia swoich pomysłów. Kierujący tzw. "burza mózgów" /zazwyczaj późniejszy kierownik zespołu badawczego/ we wstępnej fazie spotkania przedstawia zasady pracy zespołu, określa problem /zagadnienia/ badawczy i steruje zgłaszaniem pomysłów. Przedstawione pomysły są wypisywane na tablicy /arkuszach papieru/ w taki sposób, by były one czytelne dla wszystkich członków zespołu twórczego.

W wyniku zderzenia się różnych koncepcji i pomysłów ujawnia się konkretne metody lub techniki badawcze. Jednak główna zaleta tej formy działania jest ujawnianie błędów w rozumowaniu badaczy. Działalność takiego zespołu oparta jest o szereg zasad obowiązujących wszystkich uczestników, mianowicie:

- zgłoszone pomysły nie mają autorów lecz są własnością zespołu;
- zakaz oceniania i krytyki pomysłodawców i pomysłów;
- prawo zgłaszania dowolnej liczby pomysłów;
- jasne i zwięzłe przedstawienie pomysłu.

Uczestnicy "burzy mózgów" w efekcie swojej działalności określają nie tylko swoje stanowisko i pogląd, ale wypracowują wspólnie przyszłościowe zadanie, jakie będzie realizowane w trakcie badań.

d. Gra decyzyjna.

Posłużenie się tą metodą do ustalenia metod i technik badawczych wymaga wcześniejszego przygotowania grup oficerów - którzy stanowią późniejszy zespół /grupę/ badaczy. Przygotowanie to obejmuje zapoznanie uczestników gry z problemami lub zagadnieniami podlegającymi rozwiązaniu, celem badań, dotychczasowa

wiedza o tym problemie oraz hipotezami /o ile zostały one już sformułowane/.

Na czas prowadzenia gry decyzyjnej jej uczestników dzieli się na dwa przeciwstawne zespoły, kierowane są one przez kierownika i sekretarza gry. Kierownik gry - jeżeli wcześniej nie zostały przez poszczególne zespoły przygotowane koncepcje przeprowadzenia badań według własnych pomysłów - narzuca zespołom opracowanie różnych, co do stosowanych metod i technik badawczych, koncepcji badań. Wokół przedstawionych koncepcji rozgrywa się cała sytuacja. Występujące podczas gry wyjaśnienia i obrona koncepcji prowadzi w efekcie do wyeliminowania niewłaściwych metod i technik badawczych, a pozostawienia tylko tych, które w sposób najbardziej efektywny nadają się do zastosowania.

e. Propozycje ekspertów.

Ustalenie metod i technik badawczych polega najczęściej na jednorazowym lub kilkukrotnym zobrazowaniu propozycji ekspertów i wybraniu spośród nie tych, które są najlepiej uzasadnione lub poddane dyskusji uzyskały najwięcej zwolenników. Istotnym jest by opracowujący swoje propozycje eksperci pracowali niezależnie. W wyniku kilkakrotnego zbierania propozycji ekspertów dąży się do uzyskania względnej zgodności lub wyselekcjonowania tych metod, które zostały zaproponowane przez większość respondentów.

f. Intuicja.

Wybór metod i technik badawczych w oparciu o intuicję stosowany jest najczęściej przez badaczy o dużym doświadczeniu i wiedzy metodologicznej. Tego typu sposób postępowania może stosować zlecający przeprowadzenie badań lub kierownik powołanego zespołu lub grupy badawczej na podstawie pomysłów własnych, co

do wyboru metody, albo w oparciu o przedstawione mu metody innych pomysłodawców. Praktycznie intuicja towarzyszy każdemu sposobowi ustalenia metod i technik badawczych.

*

* *

Metody i techniki badawcze służą rozwiązywaniu trudnych i wysoce złożonych problemów, wybiera się zazwyczaj stosując szeroki wachlarz sposobów. Mimo to, może okazać się, że nie wszystkie spośród już wybranych metod i technik badawczych będzie można zastosować. Przeszkodami eliminującymi je mogą być wysokie koszty, brak odpowiednich środków i warunków, jak również trudności w zapewnieniu bezpieczeństwa zarówno ćwiczącym jak i badaczom oraz zagrożeniom środowiska przyrodniczego. W takich sytuacjach należy kierować się bilansem dodatnich i ujemnych cech przyjętych metod i technik badawczych. Ich selekcja z punktu widzenia opłacalności prowadzona jest w odniesieniu do spodziewanych korzyści, jakie mogą przynieść badania.

BIBLIOGRAFIA:

Arneker E. - O kontrolowanej obserwacji porównawczej jako metodzie badania struktury i właściwości zespołów społecznych, "Przegląd Socjologiczny" 1935, t.III z. 3 - 4

Bańka W., Cabak H., Sobiecki J. - Wstęp do metodologii badań społecznych w wojsku, Warszawa 1986

Brzeziński J. - Elementy metodologii badań psychologicznych, Warszawa 1980

Korczak J., Poznańska A. - Plebiscyt życzliwości i niechęci, "Polskie Archiwum Psychologii", R: IV: 1933/34

Mika S. - Wstęp do psychologii społecznej, Warszawa 1975

Pilkiewicz M. - Analiza ilościowa socjometrycznych danych, "Psychologia wychowawcza" 1963, nr 6

Pilkiewicz M. - Graficzna analiza materiału socjometrycznego, "Psychologia wychowawcza" 1963, nr 6

Pilkiewicz M. - Socjometryczna Skala Akceptacji jako technika badania pozycji jednostki w nieformalnej strukturze grupy. "Psychologia wychowawcza" 1969, nr 12

Pilkiewicz M. - Techniki socjometryczne. Wprowadzenie do badań, "Psychologia wychowawcza" 1962, nr 5

Pilkiewicz M. - Wybrane techniki badania nieformalnej struktury klasy szkolnej. Próba klasyfikacji, "Psychologia wychowawcza" 1965, nr 8

Winiarski M. - Przydatność technik socjometrycznych w pedagogice społecznej, [w:] Metodologia pedagogiki społecznej, pr.zb. pod red. R. Wroczyńskiego i T. Pilcha, Wrocław 1974

Bańka W., Cabak H., Sobiecki J. — Wstęp do metodologii badań społecznych w wojsku. Warszawa 1986

Barnett V. — Elementy teorii pobierania próby, Warszawa 1982

Brzeziński J. — Elementy metodologii badań psychologicznych. Warszawa 1980

Blalock H. M. — Statystyka dla socjologów, Warszawa 1975

Guilford J.P. — Psychometric Methods, New York 1954

Nowak S. — Metody badań socjologicznych, Warszawa 1970

Pawłowski T. — Metodologiczne zagadnienia humanistyki, Warszawa 1969

Pawłowski Z. — Wstęp do statystycznej metody reprezentacyjnej. Warszawa 1972

Organizacja badań ankietowych w wojsku. Poradnik praktyczny, Warszawa 1983

K. Ajdukiewicz, Logika pragmatyczna. PWN, Warszawa 1965.

K. Ajdukiewicz, Zarys logiki. PZWS, Warszawa 1957.

A. Grzegorczyk, Zarys logiki matematycznej. PWN, Warszawa 1975.

L. Gumański, Wprowadzenie w logikę współczesną. PWN, Warszawa 1990.

J. Kotarbińska, Z zagadnień teorii nauki i teorii języka. PWN, Warszawa 1990.

Metodyka wojskowych badań naukowych. cz.II. Metody sformalizowane. Praca zbiorowa, pod kier. nauk. J.Kaczmarka. ASG WP, Warszawa 1989.

J.S. Mill, System logiki. t.I. BKF, Warszawa 1962.

H. Mortimer, Logika indukcji. Wybrane problemy. PWN, Warszawa 1982.

E. Nagel, Struktura nauki. Zagadnienia nauki i wyjaśnień naukowych. PWN, Warszawa 1970.

L. Nowak, Wstęp do indealizacyjnej teorii nauki. PWN, Warszawa 1977.

K.R. Popper, Logika odkrycia naukowego. PWN, Warszawa 1977.

B. Russell, Zagadnienia filozofii. PWN, Warszawa 1913.

K. Szaniawski, Dwie koncepcje indukcji. w: Fragmenty filozoficzne ser.3, Warszawa 1967.

J. Woleński, Filozoficzna szkoła lwowsko-warszawska. PWN, Warszawa 1985.

Chiang A., Podstawy ekonomii matematycznej. PWE, Warszawa 1994.

Chojnacki A., Modelowanie matematyczne. WAT, Warszawa 1986.

Davis P., Hersh R., Świat matematyki. PWN, Warszawa 1994.

Gutenbaum J., Modelowanie matematyczne systemów. Omnitech Press, Warszawa 1992.

Konieczny J., Inżynieria systemów działania. WNT, Warszawa 1984.

Sienkiewicz P., Inżynieria systemów. MON, Warszawa 1983.

Sienkiewicz P., Teoria efektywności systemów. Ossolineum, Wrocław 1987.

Sztoff w., Modelowanie i filozofia. PWN, Warszawa 1971.

Tarakanow K., Matiematika i vooružennaja borba. Moskwa 1974.

Zbiorowe, Leksykon matematyczny. WP, Warszawa 1993.

W. Bojarski, Podstawy analizy i inżynierii systemów, WNT, Warszawa, 1984.

W. Drużynin, D. Kontorow, Sistiemotechnika, Moskwa, 1985.

W. Findeisen (red.), Analiza systemowa, Podstawy i zastosowania, PWN, Warszawa 1985.

B. Fleiszman, Osnowy sistiemologii, Moskwa, 1982.

J. Konieczny, Inżynieria systemów działania, WNT, Warszawa, 1984.

R. Kulikowski, Analiza systemowa i jej zastosowania, WNT, Warszawa, 1977.

M. Mesarović, Y. Takahara, General Systems Theory; Mathematical Formdations, New York, 1975.

S. Piasecki, Podstawowe pojęcia i definicje analizy systemowej, Prace IBS PAN nr. 36, Warszawa, 1979.

A. Rogucki, Analiza systemowa w planowaniu obrony, MON, Warszawa 1975.

P. Sienkiewicz, Inżynieria systemów, MON, Warszawa 1983.

P. Sienkiewicz, Systemy Kierowania, WP, Warszawa 1987.

P. Sienkiewicz, Analiza systemowa, Bellona, Warszawa 1994.

S. Ziemba, W. Jarominek, R. Staniszewski, Problemy teorii systemów, Ossolineum, Warszawa 1980.

Zbiorowe: Inżynieria systemów w rozwoju społeczno-ekonomicznym i obronnym kraju, ASG WP, Warszawa 1985.

Zbiorowe: Ogólna teoria systemów, WNT, Warszawa 1976.

H.Beniok, J. Rokita, Struktura organizacyjna przedsiębiorstw. PWN, Warszawa 1984.

A. Cvirkun, Struktura złożnych sistiem. Moskwa 1975.

A. Heinz, Dzieje językoznawstwa w zarysie. PWN, Warszawa 1983.

B. Korzan, Elementy teorii grafów i sieci. WNT, Warszawa 1978.

J. L. Kulikowski, Zarys teorii grafów. WNT, Warszawa 1986.

C. Levi-Strauss, Antropologia strukturalna. PIW, Warszawa 1970.

J. Piaget, Strukturalizm. WP, Warszawa 1972.

A. Schaff, Szkice o strukturaliźmie. KiW, Warszawa 1983.

P. Sienkiewicz, Inżynieria systemów. MON, Warszawa 1983.

P. Sienkiewicz, Inżynieria systemów kierowania. PWE, Warszawa 1988.

J. R. Benjamin, C.A. Cornell, Rachunek prawdopodobieństwa, statystyka matematyczna i teoria decyzji dla inżynierów. WNT, Warszawa 1977.

R. Carnap, The Logical Foundations of Probability. Chicago 1950.

M. Fisz, Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. PWN, Warszawa 1969.

J. E. Freund, Podstawy nowoczesnej statystyki. PWE, Warszawa 1968.

J. Kozielecki, Psychologiczna teoria decyzji. PWN, Warszawa 1975.

H. Mortimer, Logika indukcji. PWN, Warszawa 1982.

Rachunek probabilistyczny. Poradnik. MON, Warszawa 1973.

W.J.Reichmann, Drogi i bezdroża statystyki. PWN, Warszawa 1968.

Greniewski H., Cybernetyka niematematyczna, PWN, Warszawa.

Jaroń J., Podstawy cybernetyki, Wrocław.

Kempisty M., Mały słownik cybernetyczny, WP, Warszawa.

Konieczny J., Cybernetyka walki. PWN, Warszawa 1970.

Kossecki J., Cybernetyka społeczna. KIW, Warszawa.

Kuleszyński L., Dowodzenie wojskami a cybernetyka. MON, Warszawa 1967.

Mazur M., Jakościowa teoria informacji. WNT, Warszawa 1970.

Mazur M., Cybernetyka i charakter. PIW, Warszawa 1975.

Mazur M., Cybernetyka teoria układów samodzielnych. WNT, Warszawa.

Niederliński A., Systemy i sterowanie. Gliwice 1978.

Nowakowski J., Wybrane zagadnienia cybernetyki ogólnej i wojskowej. MON, Sztab Generalny WP, Warszawa 1971.

Sienkiewicz P., Poszukiwanie Golema, czyli o cybernetyce i cybernetykach. KAW, Warszawa 1987.

Sienkiewicz P., Inżynieria systemów. Wybrane zastosowania wojskowe. MON, Warszawa 1983.

Sienkiewicz P., Szczepaniak M., Więckowski W., Dowodzenie z komputerem. Realia i perspektywy. MON, Warszawa 1985.

Wiener N., Cybernetyka. PWN, Warszawa.

Wiener N., Cybernetyka i społeczeństwo. KiW, Warszawa.

J. R. Benjamin, C. A. Carnell, Rachunek prawdopodobieństwa, statystyka matematyczna i teoria decyzji dla inżynierów, WNT, Warszawa 1977.

J. E. Freund, Podstawy nowoczesnej statystyki, PWE, Warszawa 1968.

J. Greń, Modele i zadania statystyki matematycznej, PWN, Warszawa 1968.

O. Lange, A. Banasiński, Teoria statystyki, PWE, Warszawa 1968.

W. Oktaba, E. Niedokos, Matematyka i podstawy statystyki matematycznej, PWN, Warszawa 1974.

Rachunek prawdopodobieństwa, podręcznik, MON, Warszawa 1969.

Rachunek probabilistyczny, poradnik, MON, Warszawa 1973.

W. J. Reichmann, Drogi i bezdroża statystyki, PWN, Warszawa 1968.

S. Szulc, Metody statystyczne, PWE, Warszawa 1968.

G. V. Yule, M. G. Kendall, Wstęp do teorii statystyki, PWN, Warszawa 1966.

M. Fisz, Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna. PWN, Warszawa 1969.

W. Feller, Wstęp do rachunku prawdopodobieństwa i jego zastosowań. PWN, Warszawa 1969.

A. Pacut, Prawdopodobieństwo. Teoria. Modelowanie probabilistyczne w technice. WNT, Warszawa 1985.

I. Pluciński, Procesy stochastyczne, cz.I. WAT, Warszawa 1975.

M. Rosenblatt, Procesy stochastyczne. PWN, Warszawa 1967.

Abczak V., Spravorocznik po issledovaniju opieracij. Vojen. izd., Moskwa 1979.

Błażewicz J. i inni, Badania operacyjne dla informatyków. PP, Poznań 1982.

Chojnacki A., Modelowanie matematyczne. WAT, Warszawa 1985.

Chojnacki A., Logistyka. WAT, Warszawa 1978.

Czujew J., Badania operacji w wojsku. MON, Warszawa 1972.

Faure R. i inni, Badania operacyjne. PWN, Warszawa 1982.

Kaufman A., R. Faure, Badania operacyjne na co dzień. PWN, Warszawa 1968.

Radzikowski W., Badania operacyjne w zarządzaniu. UW, Warszawa 1994.

Sawik T., Optymalizacja dyskretna w badaniach operacyjnych. AGH, Kraków 1982.

Sienkiewicz P., Inżynieria systemów. MON, Warszawa 1983.

Sztarski M.R., Wojsko a badanie operacji. MON, Warszawa 1963.

Wagner H., Badania operacyjne. PWE, Warszawa 1980.

BIBLIOTEKA GŁÓWNA * UMCS * Dział Zbiorów Jawnych - Akademii
Nr ewid. .....