

Redaktorzy:

A. Straszak

Z. Nahorski

J. Sikorski

13-17 czerwca 1988

Książ



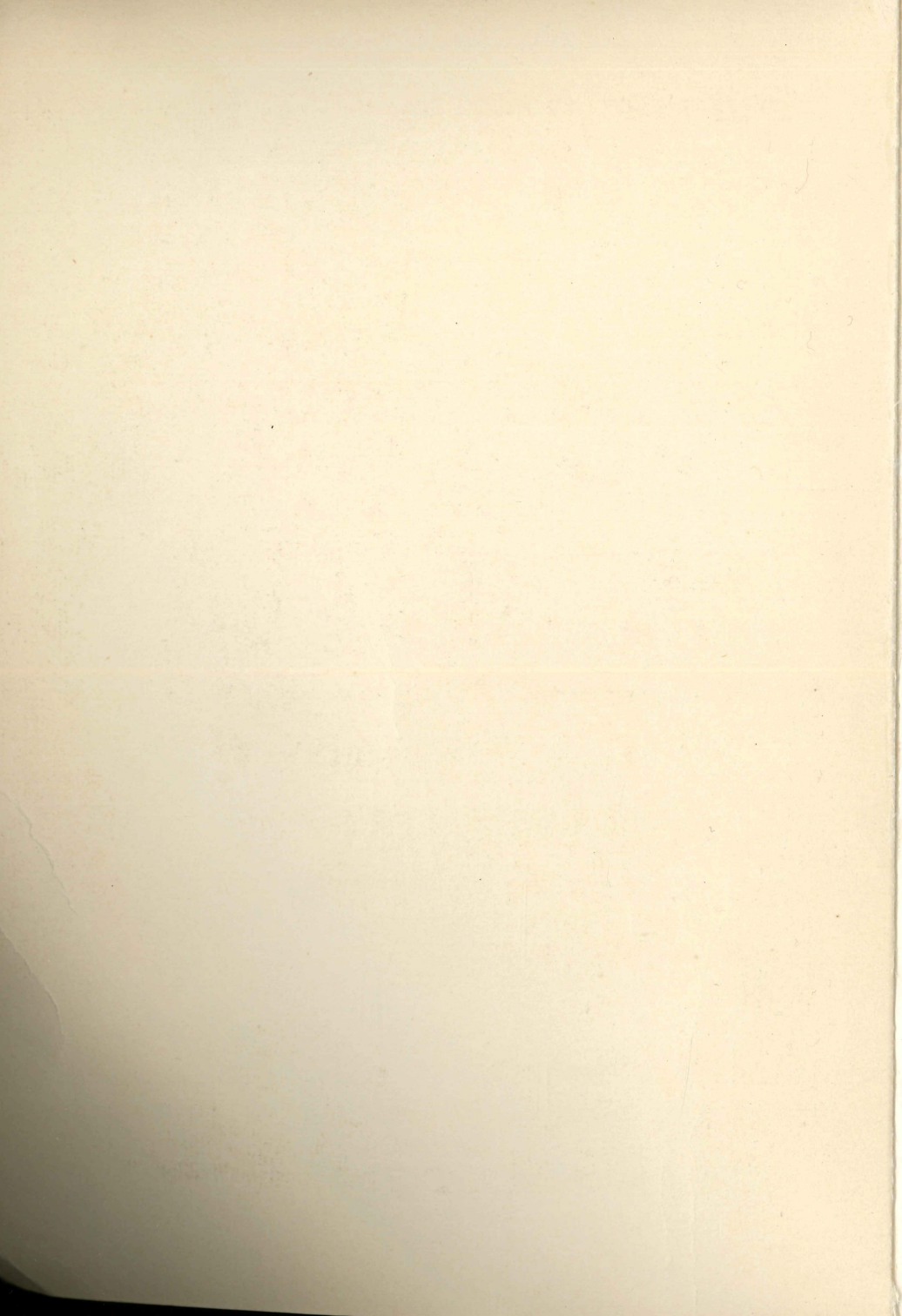
1. Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

Tom 2

BOS'88

POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ
OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

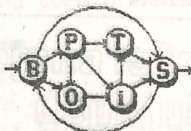
INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK



POLSKIE TOWARZYSTWO BADAŃ OPERACYJNYCH I SYSTEMOWYCH

Tom 2

**WSPOMAGANIE PODEJMOWANIA DECYZJI
MODELE I SYSTEMY**



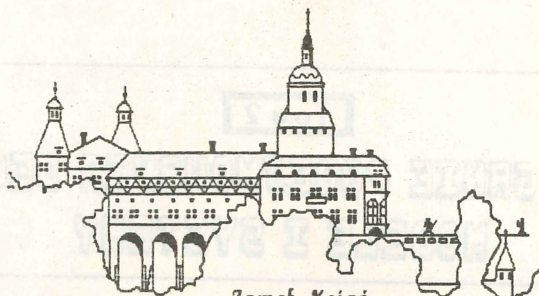
**I KRAJOWA KONFERENCJA
BADAŃ
OPERACYJNYCH
i
SYSTEMOWYCH**

Książ, 13 - 17 czerwca 1988

BO'S'88

INSTYTUT BADAŃ SYSTEMOWYCH POLSKIEJ AKADEMII NAUK

**1989
WARSZAWA**



Zamek Książ

I Krajowa Konferencja Badań Operacyjnych i Systemowych

Organizator konferencji

Polskie Towarzystwo Badań Operacyjnych i Systemowych
przy współpracy
Instytutu Badań Systemowych PAN

Komitet naukowy konferencji

Jerzy Hołubiec, Andrzej Kałużko, Jerzy Kisielnicki, Henryk Kowalowski,
Roman Kulikowski, Franciszek Marecki, Zbigniew Nahorski,
Stanisław Piasecki, Jarosław Sikorski, Jan Stachowicz, Jan Stasiński,
Andrzej Straszak, Maciej Sysło, Władysław Świątalski

Redaktorzy naukowy materiałów

Andrzej Straszak, Zbigniew Nahorski, Jarosław Sikorski

konf. 41284/II

1.6

6. Formalizacja modeli decyzyjnych

OPTIMALIZACJA ORGANIZACJI DOWODZENIA W SYSTEMIE OBRONY
POWIETRZNEJ

Edward Kołodziński
Wojskowa Akademia Techniczna
ul. Sylwestra Kaliskiego
01-489 Warszawa

W pracy rozpatrzono zagadnienie optymalizacji dowodzenia oddziaływaniami aktywnych środków obrony na środki napadu powietrznego podczas odpierania nalotu. Sformułowano zadanie optymalizacji oraz omówiono metodę jego rozwiązania. Zagadnienia szczegółowe związane ze stosowaną metodą rozwiązania zadania podane są w cytowanej w pracy literaturze.

1. Wprowadzenie

W literaturze dotyczącej działania Wojsk Obrony Powietrznej Kraju oraz Wojsk Obrony Przeciwlotniczej szczegółowo określa się cele ich działania oraz wykonywane przez nie zadania. Za jako jeden z podstawowych przyjmuje się osłonę obiektów naziemnych przed niepożądanym oddziaływaniem na nie środków napadu powietrznego (SNP) przeciwnika. W pracy przyjmujemy, że osłona obiektów jest celem działania systemu obrony powietrznej (SOP), będącego obiektem dalszych rozważań (badań), zaś jego zadaniem jest takie oddziaływanie na SNP przeciwnika, aby na rubieżach ataku na osłaniane obiekty była spełniona nierówność, Kołodziński (1984):

$$\bigwedge_{r \in R} V_r^{RA} \leq V_r^{KR} \quad (4.1)$$

gdzie:

r - numer obiektu osłanianego;

R - zbiór numerów obiektów osłanianych;

V_r^{RA} - potencjał środków rażenia użytych przez SNP do oddziaływania na r -ty obiekt naziemny;

V_r^{KR} - potencjał krytyczny dla r -tego obiektu naziemnego.

Sposób jego wyznaczania podano w pracy Kołodzińskiego (1984).

Uwzględniając zalecane w literaturze przedmiotu, Okuniew (1984), właściwości wskaźnika skuteczności działania systemów zaproponowano następującą postać wskaźnika skuteczności działania SOP:

$$W = P\{\underline{V}^{RA} \leq \underline{V}^{KR}\} \quad (4.2)$$

gdzie:

$$\underline{V}^{RA} = (V_1^{RA}, V_2^{RA}, \dots, V_r^{RA}, \dots, V_R^{RA});$$

V_r^{RA} - znaczenie jak we wzorze (1.1);

$$\underline{V}^{KR} = (V_1^{KR}, V_2^{KR}, \dots, V_r^{KR}, \dots, V_R^{KR});$$

V_r^{KR} - znaczenie jak we wzorze (1.1).

Z taktyki działania przeciwnika wynika, że do realizacji ustalonych zadań cząstkowych podczas nalotu wydziela on grupy SNP. Grupa SNP nie wykona postawionego jej zadania jeżeli zostanie wyeliminowana z niej określona część SNP. Zadanie SOP względem 1-tej grupy SNP można zatem ująć za pomocą nierówności:

$$P\{N_l^{WYL} \geq n_l^{WYM}\} \geq p_l^{WYM}, \quad \text{leś} \quad (4.3)$$

gdzie:

l - numer grupy SNP uczestniczącej w nalocie na obiekty osłanianie przez SOP;

L - zbiór numerów grup SNP uczestniczących w nalocie;

N_l^{WYL} - zmienna losowa, określająca liczbę SNP wyeliminowanych z l-tej grupy;

n_l^{WYM} - liczba SNP l-tej grupy, które należy wyeliminować z udziału w niszczeniu obiektów osłanianych przez SOP;

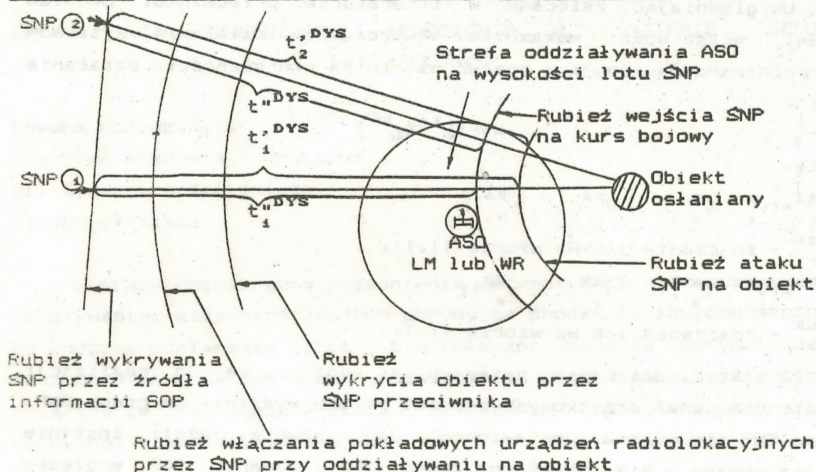
p_l^{WYM} - wymagane prawdopodobieństwo wyeliminowania z działań n_l^{WYM} spośród n_l SNP l-tej grupy ($n_l^{WYM} \leq n_l$).

Osiłona obiektów przed niszczącym oddziaływaniem l-tej grupy SNP będzie skuteczna, jeżeli oddziaływanie na nią aktywnych środków obrony (ASD) SOP zakończy się przed:

- dolotem SNP do rubieży ataku;
- wyjściem SNP ze stref oddziaływania ASD (rys.1.1).

Okres czasu w którym SOP może wykonywać czynności cyklu dowodzenia bojowego względem ustalonej grupy SNP, Kołodziński

(1987), nazywać będziemy czasem dysponowanym przez SOP na realizację zadania względem tej grupy SNP przeciwnika (rys.1.1).



Rys.1.1. Ilustracja czasu dysponowanego przez SOP względem grupy SNP

Dznaczenia na rysunku:

t_1^{DYS}, t_2^{DYS} - czasy dysponowane przez SOP względem SNP ① i SNP ② przy oddziaływaniu na nie LM lub WR;

t_1^{nDYS}, t_2^{nDYS} - czasy dysponowane przez SOP względem SNP ① i SNP ② przy oddziaływaniu na nie stacji zakłócających.

2. Analiza wpływu poziomu hierarchicznego dowodzenia bojowego na skuteczność działania systemu obrony powietrznej

Podsystemy dowodzenia bojowego SOP mają strukturę hierarchiczną z powiązaniem szeregowo-równoległymi. Dowodzenie bojowe organizowane jest w oparciu o strukturę dowodzenia operacyjno-taktycznego. Obejmuje ono bezpośrednie kierowanie oddziaływaniem ASD na SNP przeciwnika i może być realizowane z dowolnego poziomu hierarchicznego. Jak wykazano w dotychczasowych pracach autora (1981, 1986) poziom hierarchiczny SD, które podejmuje decyzję o sposobie oddziaływania podległych mu ASD na SNP znajdujące się w obszarze jego odpowiedzialności ma istotny

wpływ na skuteczność działania SOP.

Przyjmuje się, że o numerze poziomu hierarchicznego, z którego odbywać się będzie dowodzenie bojowe względem 1-tej grupy SNP ($l \in L$), decydować będzie wartość wielkości:

$$T_l^{DOP} = \begin{cases} t_l^{DYS} - T_l^{ODD}, & \text{jeżeli } t_l^{DYS} - T_l^{ODD} > 0 \\ 0, & \text{w przypadku przeciwnym} \end{cases} \quad (2.1)$$

gdzie:

t_l^{DYS} - czas dysponowany przez SOP na realizację zadania względem 1-tej grupy SNP przeciwnika.

Przyjmując, że podsystem dowodzenia bojowego jest K poziomowy zakres zmienności T^{DOP} zostanie podzielony na K+1 przedziałów. Decyzje o sposobie oddziaływania ASO na SNP będą podejmowane na SD k-tego poziomu, jeżeli $t^{DOP} \in [t_k^{OP}, t_{k+1}^{OP}]$, przy czym $t_k^{OP} \in \mathbb{R}^+$ i $t_k^{OP} < t_{k+1}^{OP}$ dla $k = \overline{0, K}$ oraz $t_0^{OP} = 0$, $t_{K+1}^{OP} = \infty$; $k=0$ oznacza, że ASO SOP autonomicznie oddziałują na SNP. Oznaczmy przez $\underline{t}^{OP} = (t_1^{OP}, t_2^{OP}, \dots, t_k^{OP}, \dots, t_k^{OP})$ wektor, którego współrzędne określają granice przedziałów $[t_k^{OP}, t_{k+1}^{OP}]$ zakresu zmienności wielkości T^{DOP} .

Przyjęcie określonych wartości wektora \underline{t}^{OP} generuje podział niepustego zbioru L na podzbiory L_k^{SD} numerów SNP, względem których dowodzenie bojowe odbywać się będzie z k-tego poziomu hierarchicznego podsystemu dowodzenia:

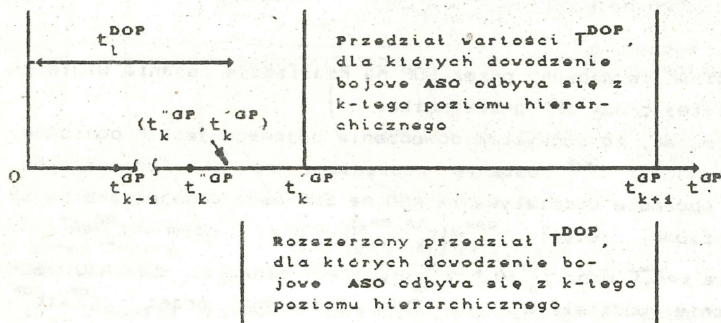
$$L_k^{SD} = \left\{ l \in L : T_l^{DOP} \in [t_k^{OP}, t_{k+1}^{OP}] \right\}, \quad k = \overline{1, K} \quad (2.2)$$

Niżej dokonamy analizy wpływu zmian wartości współrzędnych t_k^{OP} wektora \underline{t}^{OP} na skuteczność działania SOP podczas odpierania nalotu SNP, przy ustalonych wartościach pozostałych współrzędnych $t_{k'}^{OP}$ ($k' = k, k' = \overline{1, K}$).

Zauważmy, że z m n i e j s z a n i e wartości współrzędnej t_k^{OP} z t_k^{OP} do t_k^{OP} ($t_k^{OP} > t_k^{OP}$) (rys.2.1) powoduje możliwość:

- 1) zwiększenia liczby SNP, względem których dowodzenie bojowe odbywać się będzie z SD k-tego poziomu ($\text{card } L_k^{SD} \geq \text{card } L_k^{SD}$). Powstanie potencjalna możliwość zwiększenia przyrostu skuteczności działania SOP wskutek koordynacji oddziaływania ASO na SNP we wspólnej strefie ich działania, Kołodziński (1986).

- 2) zwiększenia liczby SNP, na które nie będą oddziaływać ASO ze względu na nieterminowe przekazywanie im decyzji podejmowanych przez SD k-tego poziomu. Spowoduje to niewykorzystanie potencjalnej możliwości eliminowania SNP z nalotu - stratę skuteczności działania SOP.



Rys.2.1. Ilustracja następstw zmiany wartości progowych wielkości T^{DOP}

Zmniejszenie wartości t_k^{GP} z t_k^{GP} do t_k^{GP} powoduje, że dla tych wszystkich SNP, których czasy dopuszczalne t^{DOP} zawarte są w przedziale (t_k^{GP}, t_k^{GP}) (rys.2.1), zwiększa się prawdopodobieństwo nieterminowego postawienia zadań ASO. Wynika to z faktu, że czas trwania cyklu informacyjno-decyzyjnego przy dowodzeniu bojowym z k-tego poziomu T_k^{CID} ($k=1, \bar{K}$) jest zmienną losową. Przyjmijmy, że jego rozkład określony jest dystrabuantą F_k^{CID} . Między czasami trwania cyklu informacyjno-decyzyjnego przy dowodzeniu bojowym z (k-1)-ego i k-tego poziomu hierarchicznego podsystemu dowodzenia zachodzi nierówność stochastyczna:

$$T_{k-1}^{CID} < T_k^{CID}, \text{ co oznacza, że } \bigwedge_{t>0} F_{k-1}^{CID}(t) > F_k^{CID}(t) \quad (2.3)$$

Prawdopodobieństwa nieterminowego przekazania decyzji do ASO o oddziaływaniu na ustalony SNP przy dowodzeniu bojowym z (k-1)-ego i k-tego poziomu są równe

$$p_{k-1}(t^{DOP}) = P\left\{T_{k-1}^{CID} \geq t^{DOP}\right\} = 1 - F_{k-1}^{CID}(t^{DOP}) \quad (2.4)$$

$$p_k(t^{DOP}) = P\left\{T_k^{CID} \geq t^{DOP}\right\} = 1 - F_k^{CID}(t^{DOP})$$

Ponieważ zachodzi nierówność (2.3), to:

$$\bigwedge_{t_k^{DOP} \in R^+} p_{k-1}(t_k^{DOP}) < p_k(t_k^{DOP}) \quad (2.5)$$

Zauważmy ponadto, że z w i ę k s z a n i e wartości współrzędnej t_k^{OP} wektora \underline{t}^{OP} z t_k^{OP} do t_k^{OP} ($t_k^{OP} < t_k^{OP}$) powoduje możliwość:

- 1) zmniejszenia liczby SNP, względem których dowodzenie bojowe odbywać się będzie z k-tego poziomu (zmniejszenia wykorzystania potencjalnych możliwości ASD w strefie ich wspólnego oddziaływania na SNP);
- 2) zmniejszenia liczby SNP, na które nie będą oddziaływać ASD wskutek nieterminowego postawienia im zadań przez SD k-tego poziomu (zmniejszenia niewykorzystania potencjalnych możliwości ASD - zmniejszenie strat skuteczności).

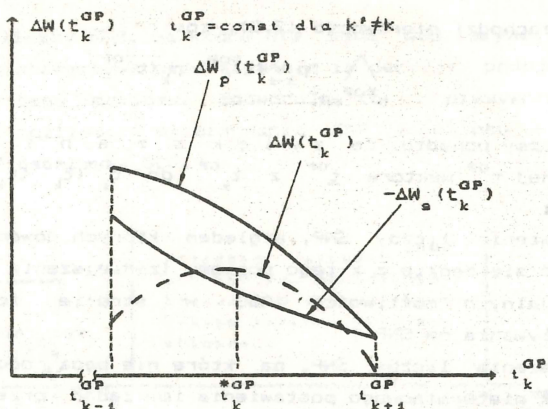
Oznaczmy przez:

- $\Delta W_p(t_k^{OP})$ - przyrost skuteczności działania SOP związany ze zmniejszaniem wartości współrzędnej t_k^{OP} , przy stałych wartościach $t_{k'}^{OP}$ ($k'=k$) - uzyskiwany dzięki wyeliminowaniu przypadkowych oddziaływań na SNP, w strefach wspólnego oddziaływania ASD podległych SD (k-1)-ego poziomu;
- $\Delta W_s(t_k^{OP})$ - straty skuteczności działania SOP związane ze zmniejszaniem wartości współrzędnej t_k^{OP} przy stałych wartościach $t_{k'}^{OP}$ ($k'=k$) - spowodowane wzrostem prawdopodobieństwa nieterminowego stawiania zadań ASD;
- $\Delta W(t_k^{OP})$ - wypadkowa zmiana skuteczności działania SOP związana ze zmniejszaniem wartości współrzędnej t_k^{OP} wektora \underline{t}^{OP} , przy stałych wartościach $t_{k'}^{OP}$

$$(k'=k) \text{ i } t_k^{OP} \in [t_{k-1}^{OP}, t_{k+1}^{OP}], \quad k', k = \overline{1, K-1}$$

$$\Delta W(t_k^{OP}) = \Delta W_p(t_k^{OP}) - \Delta W_s(t_k^{OP}) \quad (2.6)$$

Przykładowe zależności $\Delta W(t_k^{OP})$, $\Delta W_p(t_k^{OP})$ i $\Delta W_s(t_k^{OP})$ zilustrowano na rys.2.2. Wartość t_k^{OP} reprezentuje lokalne maksimum przyrostu skuteczności SOP związanego ze zmianą wartości współrzędnej $t_k^{OP} \in [t_{k-1}^{OP}, t_{k+1}^{OP}]$ przy ustalonych pozostałych wartościach $t_{k'}^{OP}$ ($k'=k$).



Rys.2.2. Ilustracja zmian składowych wskaźnika skuteczności działania SOP przy zmianie wartości t_k^{GP}

3. Optymalizacja poziomu dowodzenia bojowego w hierarchicznym systemie obrony powietrznej

Podczas odpierniania nalotu przeciwnika dla każdej grupy SNP istnieje optymalny poziom hierarchiczny w podsystemie dowodzenia, na którym powinno się podejmować decyzje o sposobie oddziaływania na nią ASO. Dla ustalonych wartości współrzędnych wektora

$$\underline{t}^{GP} = (t_1^{GP}, t_2^{GP}, \dots, t_k^{GP}, \dots, t_k^{GP}) \quad (3.1)$$

o numerze poziomu hierarchicznego SD podejmującego decyzję odnośnie l-tej grupy SNP stanowi wartość wielkości T^{DOP} (2.1). Regułą decyzyjną określającą poziom hierarchiczny, z którego powinno być realizowane dowodzenie bojowe oddziaływaniem ASO na l-tą grupę SNP zapiszemy następująco:

$$PDB_l = k, \text{ jeżeli } t_l^{DOP} \in [t_k^{GP}, t_{k+1}^{GP}] \quad (3.2)$$

$$\overline{k=0, k} \quad l \in L$$

przy czym $t_0^{GP} = 0, t_{k+1}^{GP} = \infty$.

3.1. Sformułowanie zadania optymalizacji poziomu dowodzenia bojowego aktywnymi środkami obrony

Zadanie wyznaczenia reguły decyzyjnej (3.2), określającej optymalny poziom hierarchiczny dowodzenia bojowego względem grup SNP polega na ustaleniu takich wartości współrzędnych wektora

(3.1):

$$\underline{t}^{OP} = (t_1^{OP}, t_2^{OP}, \dots, t_k^{OP}, \dots, t_k^{OP})$$

dla których wskaźnik skuteczności działania systemu (1.2) osiąga maksimum.

Zatem dla:

- ustalonego wariantu nalotu SNP przeciwnika;
- ustalonej ilości, dyslokacji i właściwości obiektów osłanianych;
- ustalonego SOP;

należy rozwiązać zadanie optymalizacyjne, polegające na wyznaczeniu:

$$\underline{t}^{*OP} \in T^{OP} \text{ tak, aby } W(\underline{t}^{*OP}) = \sup_{\underline{t}^{OP} \in T^{OP}} W(\underline{t}^{OP}) \quad (3.3)$$

gdzie:

$$T^{OP} = \left\{ \underline{t}^{OP} \in (R^+)^k : t_k^{OP} < t_{k+1}^{OP}, \quad k = \overline{1, K-1} \right\} \quad (3.4)$$

W - oznacza wskaźnik skuteczności działania SOP.

Rozwiązanie zadania optymalizacyjnego (3.3) umożliwi wyznaczenie reguły decyzyjnej, określającej optymalne poziomy hierarchiczne dowodzenia bojowego względem poszczególnych grup SNP biorących udział w nalocie. Dla l-tej grupy SNP ($l \in L$):

$$PDB_l^{*OP} = k, \text{ jeżeli } t_l^{*OP} \in [t_k^{*OP}, t_{k+1}^{*OP}) \quad (3.5)$$
$$k = \overline{0, K}$$

przy czym $t_0^{*OP} = 0$, $t_{K+1}^{*OP} = \infty$.

$PDB_l^{*OP} = 0$ oznacza, że ASD, w których strefie oddziaływania znajduje się l-ta grupa SNP, powinny autonomicznie oddziaływać na tę grupę.

3.2. Metoda rozwiązania zadania optymalizacji poziomu dowodzenia bojowego aktywnymi środkami obrony

Optymalny poziom hierarchiczny dowodzenia bojowego, określany za pomocą wektora \underline{t}^{OP} zależy od bardzo wielu czynników, a głównie od:

- wariantu nalotu SNP przeciwnika;
- ilości, dyslokacji i podatności obiektów osłanianych na środki rażenia użyte przez przeciwnika;
- właściwości SOP osłaniające ustalone obiekty (rodzaju, ilości, właściwości i rozmieszczenia aktywnych środków obrony i stanowisk dowodzenia podsystemu dowodzenia, właściwości źródeł informacji itp.);
- zasad wykorzystania elementów SOP podczas odpierania nalotu SNP przeciwnika.

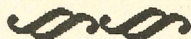
Duża liczba czynników oraz nieznaną postać zależności od nich wskaźnika W uniemożliwiają analityczne wyznaczenie optymalnego poziomu hierarchicznego dowodzenia bojowego aktywnymi środkami obrony podczas odpierania nalotu SNP przeciwnika. W rozpatrywanym przypadku niemożliwe jest również bezpośrednie zastosowanie metod optymalizacji statystycznej. Metodą, która umożliwiła rozwiązanie tego zadania okazała się metoda symulacyjna. Jej istotę w zastosowaniu do badania skuteczności działania SOP przedstawiono w pracy Kołodzińskiego i innych (1986).

Cechą charakterystyczną przyjętej metody rozwiązania zadania (3.3) wyznaczania optymalnych struktur podsystemu dowodzenia, w których odbywa się dowodzenie bojowe, jest to, że oceny optymalnych wartości współrzędnych wektora \underline{t}^{OP} wyznaczone są na podstawie wyników eksperymentów symulacyjnych. Wyznaczane oceny można interpretować jako oceny optymalnych wartości wskaźnika poziomu centralizacji badanego SOP jedynie w przypadku, gdy model symulacyjny uzyskiwany za pomocą programu komputerowego jest zgodny z rzeczywistym działaniem systemu. Zagadnienie oceny adekwatności modelu symulacyjnego rozpatrywano w pracy Kołodzińskiego i innych (1986). Wartości współrzędnych \underline{t}^{OP} wyznaczone są metodą optymalizacji statystycznej bez modelu regresji. Zastosowano metodę kolejnych eliminacji zmiennych, którymi są współrzędne wektora (3.1). Szczegółowy opis metody podano w pracy Kołodzińskiego (1987).

5. Literatura

- [1] Kołodziński E. (1984). Ocena skuteczności działania systemu obrony powietrznej. Biul.WAT.nr 12/ss.59-71.
- [2] Kołodziński E. i inni (1986) Badanie skuteczności działania systemu obrony powietrznej metodą symulacji cyfrowej. WAT.
- [3] Kołodziński E. (1987) Analiza procesów informacyjno- decyzyjnych w zautomatyzowanych systemach dowodzenia obroną powietrzną kraju. WAT,Warszawa (Rozprawa habilitacyjna).
- [4] Kołodziński E., Pietkiewicz T. (1981) Wpływ centralizacji dowodzenia na skuteczność działania systemu obrony powietrznej. Myśl Wojskowa, nr 8/ss.68-79.
- [5] Kołodziński E. (1986) Optymalizacja kompetencji dowodzenia systemu obrony powietrznej w zakresie dowodzenia bojowego. Biul.WAT,nr 3 ss.69-94.
- [6] Okuniew Ju.B., Płotnikow W.G . (1976) Principy sistemnogo podchoda k projektirowaniju w technike swiazi. Izd.Swiaż.

Zarząd
Polskiego Towarzystwa Badań Operacyjnych i Systemowych



Prezes

prof.dr hab.inż. Andrzej Straszak
Instytut Badań Systemowych PAN

Wiceprezes

prof.dr hab.inż. Jan Stasiński
Wojskowa Akademia Techniczna

Wiceprezes

prof.dr hab.inż. Stanisław Piasecki
Instytut Badań Systemowych PAN

Sekretarz generalny

dr inż. Zbigniew Nahorski
Instytut Badań Systemowych PAN

Sekretarz

dr inż. Jarosław Sikorski
Instytut Badań Systemowych PAN

Skarbnik

dr inż. Andrzej Kałużko
Instytut Badań Systemowych PAN

Członkowie

prof.dr hab. Jerzy Kisielnicki
Wydział Zarządzania UW

doc.dr hab.inż. Bohdan Korzan
Wojskowa Akademia Techniczna

doc.dr hab.inż. Jan Stachowicz
Zakład Nauk Zarządzania PAN

doc.dr hab.inż. Maciej Sysło
Instytut Informatyki UW.

Komisja rewizyjna

PRZEWODNICZĄCY

dr Władysław Świtalski
Katedra Cybernetyki i Badań Operacyjnych UW

CZŁONKOWIE

dr inż. Janusz Kacprzyk
Instytut Badań Systemowych PAN

dr inż. Marek Malarski
Instytut Transportu PW

doc.dr hab. Henryk Sroka
Akademia Ekonomiczna w Katowicach

dr inż. Leon Słomiński
Instytut Badań Systemowych PAN

IBS Kauf.

41284/
II

IBS