

MODELOVANIE PROTIVZDUŠNÉHO BOJA

Zabezpečenie obrany štátu a s tým spojené výdaje patria k najnákladnejším a najnáročnejším oblastiam. Súčasné požiadavky na výzbrojné a materiálno technické zabezpečenie Československej armády a ich finančné krytie sú tak rozsiahle, že presahujú rámec možnosti našej ekonomiky. Preto nie je možné riešiť tento problém extenzívnym spôsobom zvyšovaním nákladov na obranu štátu. Jednou z možných ciest riešenia problému je optimalizácia systému obrany štátu ako celku a jeho jednotlivých podsystémov s využitím dostupných optimalizačných metód, na základe presne vymedzených kritérií efektívnosti. V oblasti optimalizácie systémov protivzdušnej obrany možno za najperspektívnejší považovať využitie metod modelovania bojov a operácií s aplikáciou na súčasné výkonné personálne počítače.

Modelovanie je jednou zo základných metod pri výskume zložitých procesov protivzdušného boja. Je užitočné predovšetkým pri skúmaní procesov v rozsiahlych a zložitých systémoch, keď priame skúmanie týchto systémov je nemožné bez zmien podmienok ich fungovania. Vierohodnosť výsledkov získaných modelovaním do značnej miery závisí od vierohodnosti zostaveného modelu.

Pri skúmaní procesov a javov sa však väčšinou pracuje s modelmi, ktoré len približne zobrazujú skutočnosť. Spravidla čím vierohodnejšie sa snažíme zobrazit' reálnu skutočnosť, tým je zostavený model zložitejší a nákladnejší. Zámerné zjednodušenie skutočnosti nemusí pri tom ale znamenať znehodnotenie použiteľnosti modelu pre riešenie praktických úloh.

Pre vytvorenie matematického modelu boja možno v podstate využiť dva prístupy: deterministický a stochastický. Deterministické modely boja sú založené na predpokladoch úplnej informácie a úplnej ovládateľnosti. To znamená, že sú presne známe všetky veličiny a para-

metre modelu, riadiaci systém môže podľa potreby určiť veľkosť a časové rozdelenie jednotlivých veličín. Uvedené predpoklady idealizujú skutočnosť a tým podstatne obmedzujú praktický význam deterministických modelov.

Druhú skupinu tvoria stochastické modely. Matematický aparát stochastických modelov súvisí s hlbším poznaním náhodnosti jednotlivých skúmaných javov. Stochastické modely sú spravidla založené na využití teórie pravdepodobnosti, matematickej štatistiky, teórie hromadnej obsluhy, teórie zásob, teórie hier, teórie obnovy a analogických matematických teóriách. Pri riešení úloh vo vojenskej oblasti ide často o procesy rozhodovania, ktoré súvisia s rizikom, kde náhodnosť a riziko sú úzko spojené s neurčitou, pri ktorej sa rozhodovanie uskutočňuje. Preto stochastické modely majú vo vojenstve svoje opodstatnenie.

V poslednom období sa vo vojenstve stále viac presadzujú modely, ktoré v sebe zahrňujú prvky deterministických a stochastických prístupov. Je to do istej miery dané tým, že prvky matematického modelovania sa zo začiatku využívali vo vojenstve hlavne v procesoch rozhodovania, na riešenie operačno-taktických úloh.

Model protivzdušného boja (PVB) by mal zahrňovať modelovanie informačného zabezpečenia, vzdušného boja, odolnosti bojových zostáv, palebného systému a systému velenia a riadenia (obr.). Pri zostavení matematického modelu pre vedenie PVB prvosledového sväzku s prostriedkami vzdušného napadnutia (PVN) možno kombinovať analytické vyjadrenie niektorých súvislostí a procesov so stochastickými. Takýto model vedenia PVB je preto možné považovať za kombináciu stochastického a analytického modelu, modelu súperenia dvoch strán, kde jednu stranu predstavujú prostriedky protivníka a druhú prostriedky PVO. Pri zostavení modelu možno využiť predovšetkým teóriu pravdepodobnosti, teórie štatistických pokusov, teórie hromadnej obsluhy, zásady modelovania a systémového prístupu a niektoré ďalšie metódy. Použitie týchto metód umožňuje zostaviť model, ktorý odráža hlavné zásady a logiku vedenia PVB.

V prípade hodnotenia podielu jednotlivých podsystémov na efektívnosť celého systému PVO treba voliť taký ukazovateľ efektívnosti, ktorý možno jednoducho viazať aj na jednotlivé podsystémy. Toto prepojenie bude vhodné realizovať cez matematickú nádej počtu zničených vzdušných objektov. Na základe uvedeného možno stanoviť ako základný ukazovateľ, koeficient efektívnosti systému PVO:

$$E_{pvo} = \frac{M_c}{N_c}$$

M_c - matematická nádej počtu zničených vzdušných objektov,

N_c - počet vzdušných objektov v údere.

Efektívnosť systému PVO bude závisieť od radu faktorov a predovšetkým potom od kvality systému prieskumov a upovedomovania, od efektívnosti systému velenia, od možnosti ničiť vzdušné ciele prostriedkami protiletadlového raketového vojska (PLRV) a stíhacieho letectva (SL). Vzhľadom na uvedené možno ako čiastkové ukazovatele efektívnosti systému PVO zvoliť:

- pravdepodobnosť toho, že úlohy prieskumu budú riešené včas a s požadovanou kvalitou (Pp),
- pravdepodobnosť správneho udania vzdušného objektu (Pu),
- pravdepodobnosť správneho navedenia stíhača na vzdušný objekt (Pn),
- pravdepodobnosť zachovania bojaschopnosti vlastného vojska v priebehu PVB (Pb),
- pravdepodobnosť zničenia vzdušného objektu pri jednom palebnom pôsobení (Pz).

Z hľadiska aktívnych prostriedkov ďalej musíme vziať do úvahy možnosti PLRV a SL pri ničení vzdušných objektov, ktoré sú charakterizované pravdepodobnosťou zničenia vzdušného objektu pri jednom palebnom pôsobení (jednom útoku stíhača). Na základe týchto

čiasťkových ukazovateľov môžeme potom stanoviť aj zodpovedajúcu matematickú nádej počtu zničených vzdušných objektov prostriedkami PLRV a SL, ktorú môžeme uviesť ako:

$$M_{CR} = \sum_{j=1}^N \left[1 - \prod_{i=1}^I (1 - Pr \cdot Pz)_i \right] j,$$

$$M_{CL} = \sum_{j=1}^N \left[1 - \prod_{i=1}^I (1 - Psl \cdot Pz)_i \right] j,$$

kde:

Pr - pravdepodobnosť správneho informačného zabezpečenia protiletadlového raketového vojska pri pôsobení i na cieľ j,

Psl - pravdepodobnosť správneho informačného zabezpečenia stíhacieho letectva pri pôsobení i na cieľ j,

I - počet pôsobení na cieľ.

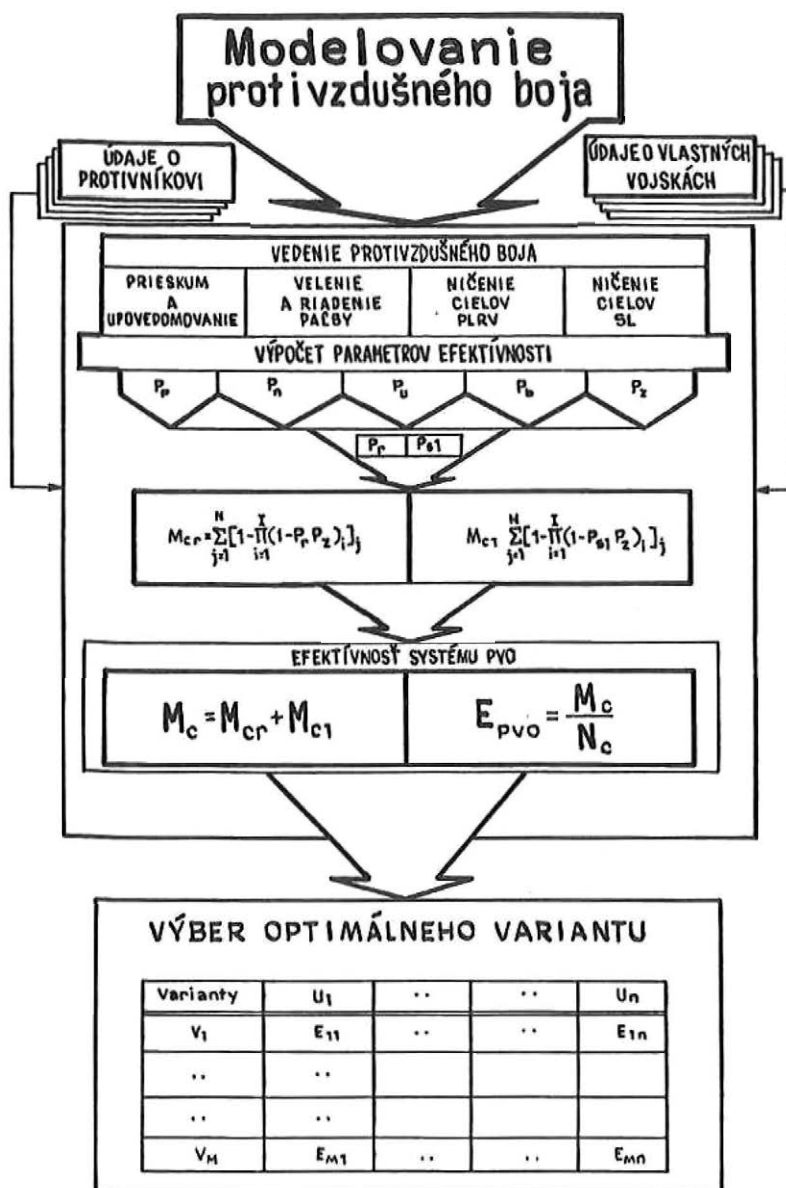
Matematickú nádej počtu zničených vzdušných objektov je vhodné stanoviť na základe modelovania protivzdušného boja, s uvážením predtým uvedeného systémového prístupu. Možný algoritmus modelovania protivzdušného boja je uvedený na obrázku. Použitie matematického modelovania k optimalizácii prijímaných rozhodnutí má rad predností, z ktorých možno zdôrazniť vo vojenstve najmä skutočnosť, že kompenzuje nemožnosť praktickej realizácie ozbrojeného stretnutia v mierovom období. V skúmanej problematike ide predovšetkým o zostavenie základných matematických vzťahov, ktoré umožňujú voliť optimálne rozhodnutie v podmienkach, pre ktoré bol model vytvorený.

Štatistické modelovanie je využité pri náhodnom generovaní trati letu vzdušných objektov v predpokladanom pásme úderu, počtu ich opakovaní a výsledkoch palebného pôsobenia na vzdušné objekty. Situácia sa rozohráva mnohonásobne pre každý úder, pri rešpektovaní zákonov rozloženia všetkých veličín. Pravdepodobné charakteristiky a zákonitosti rozloženia náhodných veličín, zahrnutých do matematického modelu bojovej činnosti, boli stanovené na základe analýzy náhodných faktorov pôsobiacich v priebehu bojovej činnosti.

Protivzdušný boj je modelovaný v priestore a v časovej postupnosti so zahrnutím dynamiky zmeny situácie. Pri modelovaní bojovej činnosti sú uvažované takticko-technické možnosti RTV, priestorové možnosti ničenia vzdušných objektov, počet bojaskopných rakiet v postaveniach protiletadlových raketových oddielov, čas priletu k priestoru paľby PLRV a SL, čas zotrvania vzdušných objektov v priestoroch účinnej pôsobnosti palebných jednotiek a parametre letu vzdušných objektov nad terénom.

Na ničenie vzdušných objektov je poskytovaná aktívnym prostriedkom bojová informácia. V rozpracovanom modeli PVB sú preto analyzované možnosti poskytovania bojovej informácie PLRV a SL. Na základe analýzy možnosti zisťovania, neprerušovaného sledovania a správneho udania vzdušných objektov aktívnym prostriedkom PLRV a SL, sa v požadovaných intervaloch hodnotia možnosti poskytovania bojovej informácie. (Stanovujú sa pravdepodobnosti Pp, Pu a Pn.)

Modelovanie boja prostriedkov PLRV (činnosti systému protiletadlovej raketovej paľby) sa uskutočňuje postupným výpočtom ukazovateľov od najnižšej úrovne (palebnej jednotky) až po úroveň systému ako celku viz (obr.). Na základe vstupných údajov sa stanovuje čas priletu vzdušných objektov k priestoru paľby PLRV a uskutočňuje sa zoradovanie trati podľa času



Obr.

príletu. Stanovenie čiastkových ukazovateľov kvality palebného systému sa uskutočňuje na každej trati jednotlivo. Pre palebnú jednotku, ktorá má možnosti palebného pôsobenia na trati, sa vypočíta dĺžka zistenia vzdušného objektu, dĺžka vonkajšej a vnútornej hranice realizovateľného priestoru odpálenia a účinnej pôsobnosti (PÚP), stredná rýchlosť palby, čas zotrvania vzdušného objektu v priestore odpálenia a koeficient odolnosti palebnej jednotky.

Mnohonásobným rozohrávaním protiletadlového raketového boja sa stanovujú ukazovatele, ktoré charakterizujú vedenie palby na trati: počet palebných jednotiek, ktoré sa môžu zúčastniť vedenia palby, vytvorená hustota palby podľa typov použitých protiletadlových raketových kompletov a súhrnná pravdepodobnosť postreľovania vzdušných objektov na trati, stredná pravdepodobnosť zničenia vzdušných objektov na trati, počet realizovateľných postreľovaní a matematická nádej počtu zničených vzdušných objektov prostriedkami PLRM (Mcr). U niektorých ukazovateľov sa taktiež stanovujú stredné hodnoty.

Pri modelovaní protivzdušného boja sa taktiež berie do úvahy odvetné pôsobenie PVN na prostriedky PVO. Tie prostriedky, ktoré sú palebne alebo elektronicky potlačené sa ďalšieho protivzdušného boja neúčastnia. Táto skutočnosť sa prejavuje najmä v matematickej nádeji počtu zničených vzdušných objektov.

V rade procesov rozhodovania sa využíva metóda štatistických pokusov. K tomu, aby výsledky rozohrania protivzdušného boja neboli ovplyvnené použitou metódou, uskutočňuje sa mnohonásobná rozohra protivzdušného boja. V programe je zvolené stonásobné opakovanie, pričom počet opakovaní si užívateľ programu môže podľa potreby meniť. Musí mať ale na pamäti, že počet rozohraní má podstatný vplyv na celkový čas výpočtu. Na základe čiastkových výsledkov z jednotlivých rozohraní protivzdušného boja sa stanovujú priemerné celkové výsledky.

Koeficienty efektívnosti palebného systému PVO sa zapisujú do matice. Optimálny variant organizácie systému PVO sa potom môže získať na základe analýzy matice koeficientov efektívnosti, pričom výber optimálneho variantu môže byť uskutočňovaný s využitím matematických metód teórie hier.

Na základe uvádzaného algoritmu bol rozpracovaný a odladený program modelovania protivzdušného boja pre osobné počítače kompatibilné s IBM. Model možno plne využiť pri optimalizácii rozhodovania pri prestavbe PVO ČSFR. Na základe modelovania protivzdušného boja môžeme vybrať nielen optimálne varianty z navrhovaných riešení, ale taktiež získať rad čiastkových ukazovateľov umožňujúcich stanoviť silné a slabé miesta v navrhovaných riešeniach. Rozhodujúca úloha pri konečnom rozhodnutí tak zostáva na príslušných stupňoch velenia, ktoré nemôže nahradiť ani najlepší algoritmus, program alebo počítač.