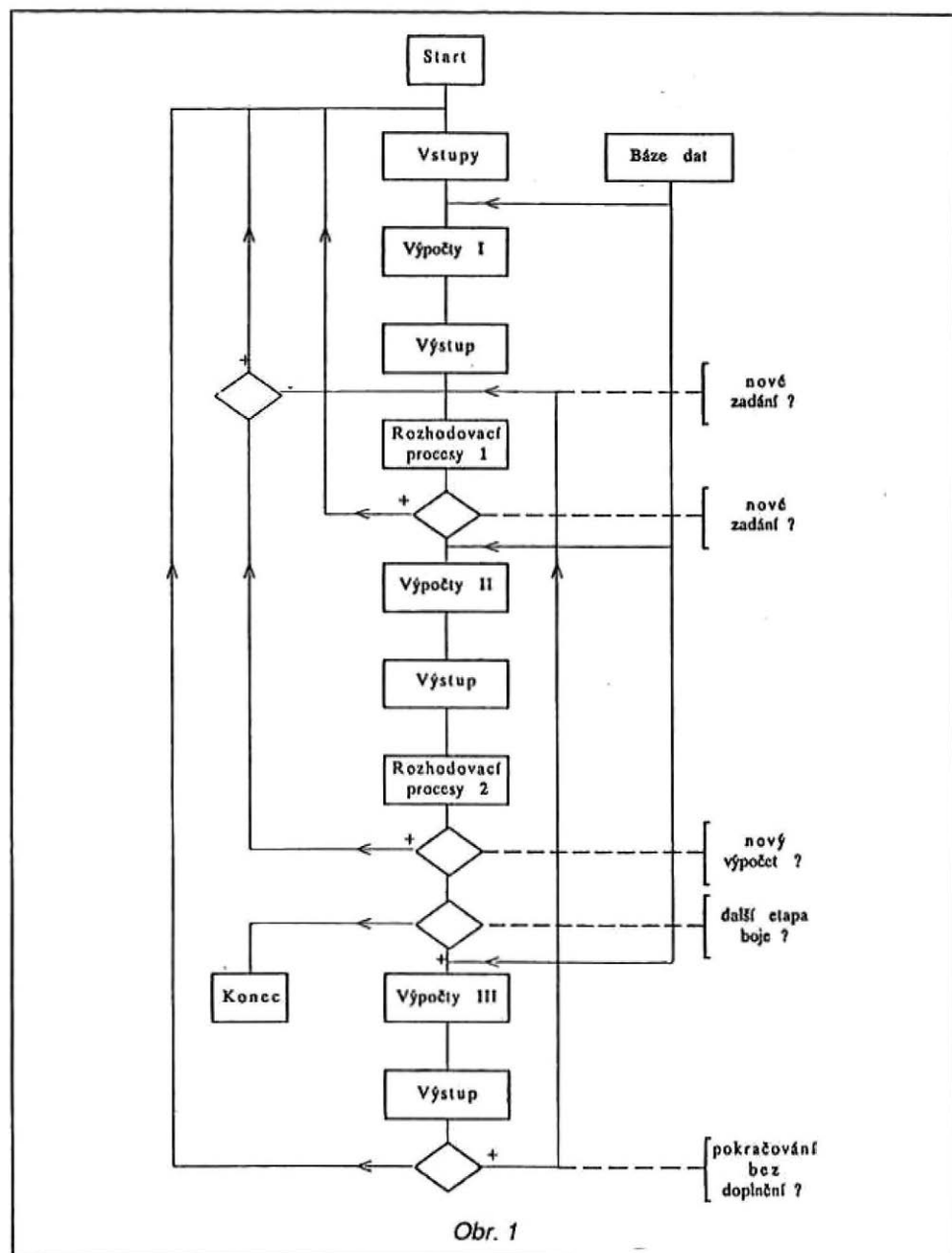


DETAILNÍ MODEL BOJE NA TAKTICKÉ ÚROVNI

Ve všech armádách vyspělých zemí existuje v současnosti široká škála modelů boje pozemních sil, které se v mnoha případech podstatně liší. Struktura modelu je vždy poplatná názorům zadavatelů a přístupům tvůrců modelu. Přesto se téměř všichni shodují v tom, že boj do úrovně divize včetně by měl být popisován detailně a řešen pomocí deterministických

simulačních modelů. V tom případě je možné stanovit určitá pravidla zásady, které by měly mít při tvorbě detailních modelů obecnou platnost, aby bylo možné dosáhnout stanovených cílů. Návrh blokové struktury modelu, který lze sestavit pro jednotky do velikosti divize, je uveden na obr. 1.



Modely tohoto typu je možné využívat pro výcvik a přípravu štábů, prověřování taktické připravenosti a schopnosti velitelského sboru i pro výuku a samostatnou přípravu studentů.



Z hlediska matematické analýzy bojové činnosti má model dvě rozdílné části. Statickou, ve které jsou zahrnuty výpočty I a III a část dynamickou, která obsahuje výpočty II.

Dynamická část modelu je určena pro modelování průběhu přímého boje jednotek v předpokládaném čase do 60 minut, což odpovídá průměrné délce přímých bojových střetnutí na úrovni pluku až divize.

Vstupy do modelu představují vlastní zadání úlohy bojového střetnutí a obsahují:

- Počty sil soupeřících stran, včetně přiděleného i podpůrného dělostřelectva a vyčleněného úsilí RVD a letectva. Zadávání vlastních sil zabezpečuje operační skupina divize nebo důstojník štábu útvaru, zadávání sil protivníka zabezpečuje zpravodajský důstojník.

- Rozmístění jednotek. Úkoly jednotek prvního a druhého sledu, záloh a posil a jejich rozmístění vzhledem k přednímu okraji.

- Zadání hlavního a druhého směru útoku.

- Zadání pásem bojové činnosti.

- Omezující podmínky boje. Mezi nimi mohou být zásoby pohonných hmot, množství přidělené munice, ale i maximální možné procento ztrát vlastních sil apod.

- Vlivy prostředí. Vlastnosti terénu, vlivy počasí, stav vybudování obrany, ženíjní zabezpečení (minování, zátarasy apod.), roční a denní doba.

Způsoby a metody zadávání vstupních údajů mohou mít různou formu. Od prostého ručního zadávání z klávesnice počítače až po plně automatizované zadávání dat pomocí grafických prostředků a mapového podkladu.

Výpočty I (statické) zabezpečují prvotní zhodnocení zámyslu bojové činnosti. Zahrnují výpočet:

- poměru sil v připravované bojové činnosti,
- poměru sil jednotek prvního sledu,
- předpokládaných ztrát vlastních jednotek a protivníka,
- předpokládané rychlosti přesunů druhých sledů, záloh a posilových jednotek, a z toho předpokládané doby jejich nasazení.

Výpočty vycházejí ze vstupních údajů a údajů obsažených v bankách dat.

Výstup z výpočtového bloku musí kromě výsledků výše uvedených výpočtů obsahovat i komentáře ve formě doporučení dalších činností, případná upozornění na kritická místa nebo stavy systému. Komentáře slouží k rychlejší orientaci uživatele modelu. Přitom je obecně doporučováno, aby byly výsledky výpočtů poskytovány jak v numerické, tak i grafické formě. Dále musí výstupní zařízení umožňovat zakreslení navržené bojové situace na mapu velitele nebo zakreslení situace včetně mapového podkladu. Konkrétní detaily specifikuje zadavatel.

Rozhodovací proces 1. stupně (organizace boje) slouží na základě výpočtů poměru sil a prognózy ztrát v první řadě k základnímu rozhodování, zda je možné zamýšlenou bojovou činnost s danými silami a prostředky uskutečnit. Pokud uživatel dospěje k zápornému rozhodnutí, vrací se úloha zpět na úroveň vstupu prostředků. V opačném případě zpracovává uživatel rozhodnutí, ve kterém stanovuje dobu zahájení bojové činnosti, přiděluje síly a prostředky na hlavní i druhý směr, konkrétní typy a počty jednotlivých skupin dělostřelectva proti určitým skupinám bojových prostředků protivníka. Dále stanoví doby zahájení a trvání palebných podpor, určuje dobu i místo přidělení úderů bitevního letectva a vrtulníků, případně raketových úderů. Kromě toho může rozhodnutí obsahovat časový sled nástupu jednotek a další detaily bojové činnosti.

Výpočty II obsahují dynamický výpočet průběhu boje. Pro popis přímého bojového střetnutí a zkoumání jeho časového vývoje se jako nejvhodnější matematický aparát jeví soustava diferenciálních rovnic, řešená některou z numerických metod. Počáteční podmínky jsou do rovnic zadávány z výstupu prvního výpočetního bloku. Koeficienty bojové účinnosti zbraní jsou do rovnic zadávány z banky dat a upravovány dále na základě výsledků prvního rozhodovacího procesu. Vzhledem ke způsobu řešení je možné v závislosti na měnících se vnějších podmínkách zabezpečit v průběhu modelovaného boje plynulou změnu koeficientů bojové účinnosti zbraní, změny rychlosti pohybu jednotek, spouštění, zastavování i přinášení palby a zavádění dalších úprav, které přibližují matematický model ke konkrétní realitě bojové činnosti.

Výstupy z druhého výpočetního bloku obsahují informace o:

- počtech vlastních prostředků i prostředků protivníka ve zvolených časových okamžicích průběhu boje, po jeho ukončení,

- úrovni splnění zadaných úkolů,

- výpočtu současného poměru sil,

- počtech sil a prostředků vlastních jednotek,

- stavu zásob střeliva, pohonných hmot, materiálu a jiné doplňkové údaje nezbytné pro pokračování v další rozhodovací činnosti.

Počty sil a prostředků v průběhu boje se vyjadřují v tabulkách a graficky v závislosti na čase, nejčastěji v intervalech jedna až dvě minuty. V rozhodovacím procesu 2. stupně uživatel posuzuje výsledky boje a rozhoduje o dalším postupu. V případě, kdy výsledky boje neodpovídají vytyčeným cílům, je možné řešení opakovat. K opakování z úrovně 1. rozhodovacího procesu přistupuje uživatel tehdy, jestliže předpokládá, že ke splnění úkolu může přispět jiné rozdělení sil a prostředků než to, které bylo zvoleno v předchozí variantě. Na úroveň vstupů se vrací, jestliže je přesvědčen, že úkol může být splněn jen po doplnění sil a prostředků. K volbě správného rozhodnutí by měli uživatelé napomáhat komentáře a doporučení obsažená ve výstupním textu.

Pokud výsledky boje odpovídají stanoveným cílům, je možné úlohu dokončit nebo pokračovat v řešení další etapy boje. V případě pokračování musí model umožňovat provádění přesunů, doplňování a ostatní činnosti nezbytné pro přípravu, pokračování v další bojové činnosti.

Na základě nového výpočtu poměru sil po ukončení předchozí etapy boje rozhoduje uživatel o době zahájení následující etapy. Přitom bere v úvahu čas, nutný pro dokončení přesunů jednotek druhých sledů a záloh. Každé další pokračování boje na tomto modelu se opakuje pouze s novými počátečními hodnotami sil a prostředků.

Výpočty III zabezpečují nový výpočet poměru sil po dokončení přesunů jednotek a vydávají doporučení, zda jsou jednotky při současném stavu sil schopny úspěšně pokračovat v bojové činnosti. Pokud ano, program se vrací na úroveň rozhodovacích procesů 1. stupně. Je-li třeba další doplnění sil i prostředků, činnost se vrací na úroveň vstupů a uživatel zadává další prostředky.

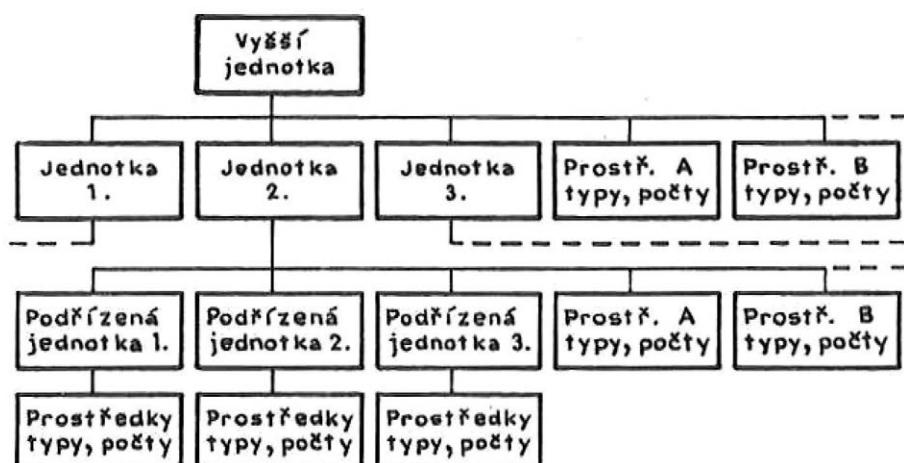
Další činnost modelu je analogická předchozímu procesu.

Banky dat

Pro podporu a zrychlení výpočtu v modelu slouží údaje připravené v bankách dat. Na jejich aktuálnosti a správnosti závisí reálnost i věrohodnost modelovaných dějů. Tři první banky dat, uvedené dále, jsou nezbytnou součástí všech modelů, další dvě jsou použity v modelech, které zabezpečují grafický výstup ve formě zákresu bojové situace na obrazovku počítače a mapu velitele. Banky dat obsahují následující údaje:

- Síly a prostředky vlastních jednotek a protivníka: —

Banka dat musí obsahovat skutečné počty sil a prostředků, za jejichž stálou aktualizaci odpovídá správce banky dat. Organizace uložení dat závisí na tvůrčích modelu, ale obecně za nejvýhodnější je považována stromová struktura, uvedená na obr. 2.



Obr. 2

Při výběru sil je možné zvolit jednotku na kterékoli úrovni. Do operační paměti počítače jsou vybrány všechny typy, počty zbraní a prostředků všech podřízených jednotek. Samostatně je možné přidělovat podpůrné prostředky A, B, případně další z kterékoli úrovně.

■ **Bojová hodnota zbraní a techniky:**

♦ Ohodnocení všech typů zbraní, perspektivně použitelných v bojových situacích řešených modelem. Ohodnocení je dáno koeficientem, kterým je oceňována vzájemná relativní hodnota jednotlivých typů zbraní. Tyto údaje slouží k výpočtu poměru sil.

♦ Bojové hodnoty zbraní a zbraňových systémů obou soupeřících stran. Tyto koeficienty jsou určeny pro detailní výpočty boje a zahrnují:

- pravděpodobnost zásahu zbraní přímé střelby,
- praktickou rychlost střelby všech zbraní,
- poloměry účinnosti dělostřeleckých a raketových nábojů (rozdílné pro různé druhy cílů),
- rychlosti pohybu mobilních prostředků,
- palebné průměry jednotlivých typů zbraní,
- hodnoty leteckých a vrtulníkových úderů (rozdílné pro různé druhy cílů).

■ **Vlivy prostředí:**

Účinnost bojových prostředků je ovlivňována mnoha faktory. Z nich statisticky významné jsou zejména terén, porosty a vodní toky, počasí, druh bojové činnosti, stupeň vybudování obrany, denní doba a roční období, ženíjná úprava terénu i minování. Kromě toho je statisticky významný stupeň momentu překvapení, vliv letecké převahy, zkušenosti a profesionalita jednotek.

Vlivy prostředí jsou v bance dat vyjádřeny pomocí koeficientů, kterými se při výpočtech upravují bojové hodnoty zbraní. Některé z výše uvedených faktorů mohou být přesunuty do banky mapy terénu.

■ **Mapa terénu:**

Aktuální digitální mapa terénu obsahuje kompletní kartografickou situaci zájmového prostoru tak, aby bylo možné vykreslit na terminálu počítače přesný mapový podklad. Musí

obsahovat i údaje o propustnosti komunikačního systému, nezbytné pro výpočty přesunů jednotek. Dále je doplněna údaji o průchodnosti terénu, které slouží pro výpočet rychlosti pohybu jednotek mimo komunikace a pro výpočet rychlosti útoku.

■ Taktické značky:

Soubor taktických značek je nezbytný pro vytváření taktické situace přímo na obrazovce počítače v etapě přípravy boje. Počítač by měl perspektivně na všech úrovních nahradit mapu velitele.

Dynamický výpočet průběhu boje

Pro výpočet průběhu boje je použita deterministická simulace. Úbytky sil a prostředků soupeřících stran jsou popsány diferenciálními rovnicemi, které jsou vytvořeny kombinací Lanchesterova kvadratického, Dinerova a Willardova modelu boje.

Počet diferenciálních rovnic závisí na počtu skupin zbraňových prostředků obou bojujících stran, řešených v modelu. Pravé strany rovnic obsahují působení protivníka. Počet členů pravých stran je dán počtem skupin prostředků, přidělených pro působení v konkrétní rovnici. Tvar jednotlivých členů pravé strany diferenciálních rovnic závisí na druhu vzájemného působení skupin prostředků. Možné tvary jsou následující:

- c . $n_i(t)$ - Lanchesterův kvadratický model,
- c . $n_i(t) \cdot m_j(t)$ - Dinerův model,
- c . $\sqrt{n_i(t)}$ - Willardův model,

kde:

$n_i(t)$, $m_j(t)$ - počty i-té, j-té skupiny bojových prostředků strany n, m,

c - upravený koeficient bojové účinnosti zbraně.

Obsah koeficientů je objasněn v další části.

Diferenciální rovnice je nutné řešit ve dvou skupinách, současně pro obránce a pro útočníka. Příklad možného vzájemného působení prostředků je schematicky vyjádřen v tabulce.

Tabulka

Obrana	Útok										
	Tanky	BVP	Mi1	Mi2	Děl1	Děl2	Let	Vrt			
Tanky	1	1	1	1	1	1	1	1			
BVP	1	1	1	1	1	1	1	1			
PTK	1	1	1	1	1	1	1	1			
Mužstvo	0	0	1	1	1	1	1	1			
Mi1	0	0	0	0	1	1	1	1			
Mi2	0	0	0	0	1	1	1	1			
Děl1	0	0	0	0	1	1	1	1			
Děl2	0	0	0	0	1	1	1	1			
Útok	Obrana										
	Tanky	BVP	PTK	PTRS	RPG	Mi1	Mi2	Děl1	Děl2	Let	Vrt
Tanky	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BVP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Mi1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Mi2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Děl1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Děl2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1

Na takto sestavených rovnicích je možné dále opakovaně řešit libovolné vzájemné působení protivníka v různých směrech nebo pásmech bojové činnosti. Počet rovnic je možné zvyšovat podle počtu typů skupin bojových prostředků. Pravé strany rovnic mohou být zapsány buďto účelově podle skutečného počtu skupin zbraňových systémů, působících v konkrétním boji, nebo vyjádřeny v úplném tvaru, se všemi možnými skupinami prostředků protivníka, které se mohou v boji perspektivně objevit. Nefunkční skupiny jsou v tomto případě z výpočtu vyřazeny zadáním nulového počtu prostředků a současným vynulováním koeficientu účinnosti zbraní.

Tabulka je pouze názorná, skutečné složení prostředků bojujících stran je závislé na požadavcích uživatele.

Úprava koeficientů bojové účinnosti prostředků

Předpokládáme koeficienty bojové účinnosti zbraní ve tvaru:

$$c[i, j],$$

kde:

i - pořadové číslo rovnice (řádek),

j - pořadové číslo zbraňového systému (sloupec), působícího v dané rovnici.

Koeficienty bojové účinnosti zbraně zahrnují:

- pro přímou střelbu: $c[i, j] = p_j \cdot k_j$,

- pro nepřímou střelbu $c[i, j] = k_j \cdot \pi \cdot r_j^2 / S_i$,

kde:

k - praktická rychlost střelby prostředků,

p - pravděpodobnost zásahu cíle prvním výstřelem,

r - poloměr účinnosti nábojů,

S - plocha rozmístění prostředků protivníka.

Hodnoty koeficientů účinnosti zbraní je dále nezbytné upravovat:

- koeficienty prostředí,
- koeficientem přidělení zbraní,
- koeficientem počtu klamných cílů,
- blokovacími koeficienty.

1. Koeficienty prostředí

Prostředí bojiště snižuje, v některých případech podstatně, bojovou hodnotu prostředků. Hlavními faktory působení jsou:

- **Terén.** Koeficient platí pro útočící jednotky a pro jednotky, provádějící manévry v obraně, pro zbraně působící přímou střelbou.

- **Počasí.** Platí pro prostředky obou bojujících stran, pro zbraně přímé střelby s optickým zaměřováním.

- **Roční období.** Platí pro obě strany, pro všechny zbraně.

- **Druh vybudované obrany.** Koeficienty platí pro všechny zbraně útočníka.

- **Denní doba.** Platí pro zbraně přímé střelby s optickým zaměřováním pro obě bojující strany.

2. Koeficienty přidělení zbraní

Tyto vyjadřují, jaká část z dané skupiny prostředků je vyčleněna proti určité skupině prostředků protivníka. Mohou být v průběhu boje konstantní nebo proměnné. Jsou to následující koeficienty:

- **Priorita střelby na tanky** - vyjadřuje podíl protitankových zbraní obrany, působících proti

tankům v jednotné obrněné sestavě. V reálných situacích boje nelze vydělit určitý počet prostředků ke střelbě proti tankům. Je pouze obecně platné doporučení prioritního ničení tanků vzhledem k ostatním prostředkům útoku. Ze studia výsledků bitev, které proběhly v minulosti, je statisticky zjištěno, že prioritá střelby na tanky má průměrnou hodnotu 0,7. Koeficient je konstantní v průběhu boje. Je však nezbytné kontrolovat v průběhu modelování vyřazení všech tanků nebo ostatních prostředků útoku a v tom případě zabezpečit přenesení palby na zbývající skupinu prostředků, BVP nebo OT. Pokud je použito kombinované sestavy útoku, kdy BVP a OT jsou na zadním okraji útočné skupiny, bude prioritá střelby na tanky nabývat vyšších hodnot.

- **Přidělování dělostřelectva působícího nepřímou střelbou** na jednotlivé skupiny cílů závisí na rozhodnutí velitele. Hodnota koeficientu je považována za konstantní. Pokud dojde v průběhu boje k výraznému snížení počtu děl, působících proti některé skupině prostředků protivníka, je úkolem velitele jednotky tento poměr znovu upravit. Do modelu je příslušný počet přidělených hlavních zadáván z klávesnice v závislosti na rozhodnutí velitele.

- **Přímá střelba útočníka** na protitankové zbraně obrany má jiný charakter rozdělení. Kterákoli z protitankových zbraní představuje přímé ohrožení útočníka, a proto žádná z nich nemá přednost. Palbu je možno rozdělit na základě poměrných zastoupení druhů zbraní v obraně.

Vzhledem k tomu, že palba útočníka má různou účinnost na jednotlivé skupiny protitankových prostředků, vzájemný poměr jejich množství se bude v průběhu boje měnit. Proto je nutné všechny koeficienty znovu vypočítávat po každém kroku výpočtu diferenciálních rovnic.

3. Koeficient počtu klamných cílů

Zkušenosti z války v oblasti Perského zálivu potvrzují zásadní význam klamných cílů pro průběh boje a jeho hodnocení. Klamné cíle v současných armádách imitují skutečný prostředek nejen tvarem a velikostí, ale i všemi ostatními charakteristikami, které jsou zjistitelné technickými prostředky průzkumu a radioelektronického boje, jako je odrazivost povrchu, tepelné vyzařování, elektromagnetické záření, rádiové a akustické vlny.

Koeficient je konstantní po celou dobu boje, protože nelze definovat, kdy jde o klamný cíl a kdy o mlčící, vyčkávající skutečný prostředek.

4. Blokovací koeficienty

Jsou to zejména koeficienty pro otevírání a ukončování paleb prostředků. Jejich hodnota je rovna 1 pro otevření nebo 0 pro ukončení palby. Ke změně dochází:

- v závislosti na dálce a dostřelu zbraní,
- při přenášení paleb na různé skupiny cílů,
- při otevírání překvapivých paleb apod.

Dále to jsou koeficienty pro zrušení priority střelby v případě vynulování některých skupin prostředků a pro nulování prostředků v diferenciálních rovnicích, při poklesu jejich počtu pod jeden prostředek. Tato poslední skupina bloků zabraňuje tomu, aby řešení některé z diferenciálních rovnic nepřešlo do záporných hodnot. Pokud by se objevila záporná hodnota při řešení některého z prostředků, došlo by ke zkreslení výsledků nebo dokonce ke zvyšování počtu těch prostředků, v jejichž pravých stranách rovnic se daný prostředek vyskytuje.



Základním požadavkem uživatelů a snahou tvůrců modelů boje je přiblížit co nejvíce matematickou abstrakci modelu realitě. Tomuto požadavku se blíží detailní deterministické simulační modely, které popisují dynamiku boje soustavami diferenciálních rovnic Lanchestera typu.

Simulační modely tohoto typu byly funkčně odzkoušeny na řadě jednoduchých i složitých

modelů na Katedře vojenských počítačů VA Brno ve výuce předmětu Modelování bojové činnosti. Přesto jejich zavedení do praktického použití brání mnoho problémů. V prvé řadě je to skutečnost, že tento typ úloh nebyl u nás nikdy prakticky řešen, a pochopitelně vzbuzuje již předem nedůvěru. Další závažnou okolností je absence věrohodných koeficientů bojové účinnosti prostředků a hodnot koeficientů prostředí.

K tomu, aby dynamický model poskytoval správné výsledky, je nezbytné stanovit přesné koeficienty pravděpodobnosti zásahu a praktické rychlosti střelby pro zbraně působící přímou střelbou, poloměry účinnosti dělostřeleckých, minometných nábojů i leteckých pum proti jednotlivým typům bojové techniky. Rovněž koeficienty přidělování zbraní a další speciální výpočty je třeba prověřit příslušnými odborníky.

Zakoupení kvalitních modelů boje na soudobé úrovni v zahraničí je sice lákavá myšlenka, ale nejví se jako reálná jednak pro omezenost finančních prostředků, a rovněž proto, že žádná armáda neprodává špičkové výrobky vojenské techniky a tím méně počítačového software mnohdy ani nejbližším spojencům. Z toho je zřejmé, že nám pravděpodobně nezbude, než se v této oblasti spolehnout na vlastní vědeckovýzkumný potenciál.



Literatura:

- Taylor, J. G.: Attrition Modeling. In: System Analysis and Modeling in Defence, Plenum Press, New York, 1984.
- Parry, S. H.: A Self-Contained Hierarchical Simulation Construct. In: Military Strategy and Tactics, Plenum Press, New York, 1986.
- Dupuy, T. N.: Attrition: Forecasting Battle Casualties and Equipment Losses in Modern War. Hero Books, Fairfax, Virginia, 1990.
- Haysman, P. J., Wand, K.: Extension to Lanchester Theory of Combat. In: System Analysis and Modeling in Defence, Plenum Press, New York, 1984.
- Hulák, R., Jindra, V.: Sběrka příkladů z modelování bojové činnosti. Skriptum VA Brno, 1989.
- Knezovič, M. a kol.: Operační analýza ve vojenství. Učebnice VA Brno, 1988.

Podplukovník Ing. Luděk H o d b o d'

K NĚKTERÝM ZÁSADÁM POUŽITÍ DRUHÝCH SLEDŮ A ZÁLOH V OBRANĚ

Přijetí nové obranné doktríny ČSFR a rozpad Varšavské smlouvy znamenají výraznou změnu v chápání úlohy Čs. armády, zvláště uvědomíme-li si, že musí zabezpečit svrchovanost státu vlastními silami, navíc v současné době ještě bez spoléhání se na pomoc případných spojenců. Tato skutečnost v podstatě znamená, že je ve vojenském umění,