

VYUŽITELNOST MATEMATICKÝCH MODELŮ V PROCESU VELENÍ

Rozvoj programového zabezpečení prostředků automatizace velení, organicky začleněných na štábech svazů a svazků, dosáhl v současnosti takové úrovně, že trvalé zvyšování jejich efektivity a vojenské využitelnosti je nadále nemyslitelné bez plánovitě zavádění moderních metod teorie vojenských systémů, aplikované kybernetiky a prostředků operačního výzkumu.

Při tom je třeba plnit požadavek úzké obsahové spojitosti cílů a koncepcí vojenskovo-výzkumného výzkumu s praktickým ověřováním automatizace rozhodovacích procesů všech stupňů, včetně jejich všestranného informačního zabezpečení.

Proto na velitelsko-štábních cvičeních zkoumáme struktury, časová rozdělení činností a obsahové návaznosti metodik práce štábů, sledujeme dynamiku součinnostních vazeb a hledáme možnosti prognózování vývoje operačně taktické situace.

Přínos matematického modelování pro práci polních štábů

Terminologický slovník Sovětské vojenské encyklopedie definuje matematický model bojové činnosti jako systém matematických závislostí a logických pravidel, umožňující s dostatečnou úplností a s vymezenou přesností popsat fyzikální a informační procesy bojové činnosti vojsk a určit hledané výstupní veličiny podle zadaných vstupních údajů a dat.

Plánovaný rozvoj automatizace velení můžeme charakterizovat dvěma významnými racionalizačními faktory.

Prvým faktorem je dosažený **stupeň optimálního rozhodování velitele**, získaný prostřednictvím hluboké operačně taktické analýzy možných variant řešení a stanovení nejefektivnější z nich.

Druhým faktorem je **úroveň předvídání vývoje činnosti nepřítele a vlastních vojsk**. Předvídáme v podstatě dvěma způsoby — buď na základě zkušeností a intuice příslušníků štábu, nebo s využitím modelovaného experimentu.

A právě využitelnost modelovaného experimentu formou **matematického modelování bojové činnosti vojsk** je jeden z nejvýhodnějších, dnes již aplikovatelných způsobů dalšího zvyšování efektivity procesu velení. Modelováním můžeme řešit jak otázky optimálního rozhodování, tak i problémy předvídání bojové činnosti vojsk.

Efektivní používání matematických modelů bojové činnosti vyžaduje od specialistů automatizace velení a vybraných příslušníků štábů:

— hluboké zvládnutí zákonitostí procesu velení na daném stupni a osvojení si principů soudobého boje a operace;

— znalost širokého okruhu aplikačních matematických metod, umožňujících ve

stanoveném časovém intervalu použít vhodného matematického modelu probíhající etapy metodiky práce štábu;

— dovedné řešení matematických modelů na počítači tak, abychom mohli získat výsledky modelu upravovat a operativně upřesňovat podle měnící se operačně taktické situace.

Zkušenosti s praktickým využíváním matematických modelů ve štábech Sovětské armády ukázaly, že v závislosti na složitosti struktury a způsobech matematického vyjádření časových závislostí modelovaných procesů existují dvě hlavní skupiny tzv. **dynamických modelů bojové činnosti**. Jsou to:

1. **Dynamické modely analýzy podmínek bojové činnosti.**

2. **Dynamické modely způsobů rozhodnutí velitele ve vojscech.**

Obě skupiny můžeme účelově propojovat a vzájemně doplňovat.

Prvá skupina dynamických modelů je určena pro ujasnění bojových nařízení a stanovených úkolů, pro zhodnocení situace a zpracování zámyslu rozhodnutí na daném stupni velení.

Modely tohoto druhu již fungují a použitá forma dynamicko-statistického modelu umožňuje získávat prakticky neomezené možnosti variant hodnocení vývoje operačně taktické situace a dále vícevariantní zpracování zámyslu rozhodnutí.

Druhá skupina dynamických modelů řeší způsoby optimální volby a nejvhodnější realizace rozhodnutí velitele podřízenými, včetně realizace součinnosti a všech druhů bojového zabezpečení.

Příprava a zpracování druhé skupiny dynamických modelů je složitější a jejich význam i vojsková využitelnost je podstatně vyšší.

Vedle uvedených dvou skupin dynamických modelů existují i tzv. **statické modely** (nazývané také modely jednorázového řešení), ve kterých výsledky bojové činnosti vojsk nejsou závislé na změnách situace v čase. Tato skutečnost snižuje podstatně objektivnost výsledků modelování a proto jsou statické modely využívány jenom okrajově.

Někdy se doporučuje použít statický model jako cvičný příklad nebo ověřovací metodu při studiu možností matematického modelování.

V dynamických modelech bojové činnosti se proces modelování uskutečňuje vícekrát, v závislosti na předpokládaných změnách situace a přeskupování sil a prostředků bojujících stran. Dále se v těchto modelech uvažuje vliv různých faktorů a nepředvídaných událostí.

Použití dynamických modelů umožňuje řešit velké množství variant plánování a vedení operace a boje. Výstupy těchto modelů poskytují optimální nebo téměř optimální řešení daného operačně taktického problému, dynamickými modely můžeme ověřovat předpovědi poměru sil, bojové možnosti protistojících stran a předpovědi vývoje situace na zvoleném úseku linie fronty.

V souhrnu jsou dynamické modely velmi efektivní, protože umožňují kvantitativně kvalitativní hodnocení bojové činnosti vojsk. Zvyšují rovněž stupeň objektivnosti a realnost přijímaných rozhodnutí velitele a zároveň snižují negativní vlivy náhodných faktorů v procesu velení.

Z těchto důvodů jsou dynamické modely perspektivní pro potřeby štábů svazů, popř. svazků.

Jak prokazují výsledky rozborů z velitelsko-štabních cvičení Sovětské armády, musí praktická realizace dynamických modelů ve štábech odpovídat těmto **základním požadavkům**:

1. **Objektivnosti modelovacích procesů.** Tzn., že modely musí odrážet s potřebnou úplností reálné součásti a časoprostorové vazby objektů procesu velení.

Požadavek objektivnosti realizujeme systémem přístupem k návrhu řešení a způsobům využívání modelu, na základě praktických znalostí a poznatků ze cvičení.

2. **Operativnosti řešení modelovaných situací.** Tzn., že výstupy z modelů má velitel (a příslušníci štábu) k dispozici za časový interval, ve kterém může upřesnit nebo doplnit své rozhodnutí.

Požadavek operativnosti dosahujeme zjednodušením struktury modelu, zmenšením počtu méně významných faktorů a dále racionálním návrhem používaných programů, informačních masivů a modelovacích algoritmů. V neposlední řadě můžeme ovlivňovat operativnost vhodnou minimalizací vstupních dat modelů a přehledným, obsahově výstižným tiskem výstupů modelu.

3. **Úměrnosti struktury a funkcí modelů danému stupni velení, popř. druhu vojska.** Tento požadavek dosahujeme správnou volbou množství uvažovaných operačně taktických faktorů, navrženou soustavou výchozích a omezujících podmínek modelu, mrou detailizace a obsažeností všech informací, využívaných modelem. Požadavek úměrnosti je důležitý zejména při návrhu modelů pro operační stupeň velení.

4. **Schopnosti systematického zdokonalování modelu.** Tzn., že model je nutné trvale upravovat a zkvalitňovat tak, aby

odpovídal vzrůstajícím nárokům na operativnost a pružnost velení. Požadavek zdokonalování je realizován modulární výstavbou prvků, algoritmů a programů modelu.

5. Správného poměru tvůrčích a formalizovaných postupů využívání modelů. Tzn., že model musí umožňovat veliteli, aby uplatnil své schopnosti a vojenské odborné zkušenosti; zároveň se však požaduje, aby velitele zbavil rutinních činností a výpočtů.

Uvedeného požadavku můžeme dosáhnout pružnou strukturou modelu, výběrem optimálních režimů fungování modelu a využitelnosti dílčích výstupů modelu s cílem nepřetržité analýzy operačně taktické situace a včasného zavádění nezbytných korekcí modelovacího procesu.

6. Praktické využitelnosti modelu, která je dána jednak únosnou kapacitou souboru vstupních dat, přehledností výstupních sestav modelu a dále úrovní připravenosti velitelsko-štabních kádrů na používání modelovacích technik v rámci plnění metodiky práce štábu.

7. Komplexnosti přístupu k řešení modelu, již dosahujeme vytvořením skupiny modelování na štábu daného stupně velení. Skupinu tvoří vojenští specialisté základních štabních odborností, pod velením zkušených pracovníků oblasti automatizace velení.

Požadavek komplexnosti je rovněž zabezpečován správným cílovým zaměřením modelu, účelnou volbou modelovacích normativů a využitím odpovídajícího programovacího jazyka. Významnou roli při zajišťování komplexnosti modelu sehrávají **báze dat**, zejména dílčí báze dat o vlastních vojscích a báze dat operačně taktických norem a takticko-technických údajů bojové techniky.

Na základě vymezení skupin dynamických modelů a specifikace požadavků jejich praktické realizace ve štábech můžeme dále vtypovat **dvě základní etapy výstavby** těchto modelů. Jsou to:

1. Etapa operačně taktických popisů řešených otázek.

2. Etapa vojensky věcného a matematického vymezení problémových oblastí

modelu. Tyto oblasti můžeme rozčlenit podle typu a charakteru uvažovaných problémů na:

a) **operačně taktickou oblast**, která je základem komplexního přístupu tvorby modelů. Jsou v ní vymezeny např. možnosti nových druhů zbraní, způsoby zdokonalování systému velení, předpokládané změny v plánování a vedení bojové činnosti apod.;

b) **matematickou oblast**, která určuje konkrétní výběr a rozpracování použitelných, popř. potenciálních metod převodu operačně taktických problémů do algoritmovatelných postupů. Přitom je důležitý výběr vhodného matematického aparátu tohoto převodu, jeho přesnost a jednoduchost vzhledem k požadovaným výsledkům modelů;

c) **informační oblast**, vytvářející nezbytnou základnu informačního zabezpečení modelu všemi druhy informací a zajišťující potřebnou frekvenci informací v kanálech a uzlech spojení míst velení;

d) **organizačně metodickou oblast**, vymezující především způsoby a formy použití systémového přístupu řešení všech uvedených požadavků realizace modelu ve štabní praxi.

Etapizace výstavby dynamických modelů bojové činnosti podle oblastí umožňuje řešit na kvalitativně vyšší úrovni **proces řízení trvalého zdokonalování modelů**. Tento úkol je velmi důležitý a nesmíme jej opomenout v plánu vojenskovo-vědní činnosti příslušníků štábů, pověřených zabezpečováním využitelnosti dynamických modelů.

Pro tento účel je vhodné stanovit tzv. **inovační funkce dynamického modelu bojové činnosti**. Jde o:

— centrální řízení tvorby a využívání modelů na daném stupni velení;

— plánování rozvoje modelovacích prací ve štábu;

— koordinace postupů modelování zainteresovanými příslušníky štábu;

— úpravy a korekce používaných modelů v souladu s rozvojem vojenskovo-vědních metod a zdokonalováním způsobů modelování;

— systematickou kontrolu efektivnosti a přesnosti používaných modelů.

Návrh praktického využívání dynamických modelů na VŠC

Matematické modely bojové činnosti, vytvářené v nedávné minulosti v některých vědeckovýzkumných zařízeních správ a složek MNO byly aplikovatelné pouze na stacionární počítačích střední velikosti. Modely se vyznačovaly vysokými nároky

na paměťová zařízení, byly rozsáhlé a z hlediska zabezpečování vstupu a výstupů modelu málo pružné.

Polní štáby však mohou pro činnost používat pouze převozných minipočítačů s omezenou kapacitou vnitřní paměti a

relativně nevelkým objemem vnějších magnetických medií. Je tudíž rozpor mezi požadavky a možnostmi praktické realizace dynamických modelů v činnosti štábů.

Přesto můžeme tvrdit, že v důsledku působení vědeckotechnického pokroku a rozvoje vojenskovědních oblastí jsou v současnosti splněny základní teoretické, organizačně technické a kádrové předpoklady pro využívání dynamických modelů ve štábech a vojscích.

Toto tvrzení dokazují fakta:

- štáby svazů jsou vybavovány převozními minipočítači, schopnými zpracovávat modely s potřebnou přesností s uspokojivým časem řešení modelů,

- v civilním sektoru je rozpracována řada vědních disciplín, které se zabývají tvorbou a zaváděním matematických modelů různých druhů, velikostí a technicko-provozních parametrů,

- ve vědeckovýzkumné základně Sovětské armády bylo nashromážděno velké množství zkušeností a poznatků o praktickém využívání modelů bojové činnosti vojsk,

- pro přípravu a použití matematických modelů jsou ve vědeckovýzkumné základně ČSLA přijímána významná opatření, která sledují plánovitě zavádění matematických modelů do praxe štábů a zabezpečující odbornou přípravu kvalifikovaných kádrů pro tvorbu a využívání modelů.

Při navrhování struktury a funkcí dynamického modelu bojové činnosti můžeme použít tohoto postupu:

1. Stanovit základní časové intervaly, ve kterých se očekává změna prvků operačně taktické situace.

2. Vyhodnotit výsledek přechodů prvků operačně taktické situace z jednoho stavu do druhého.

3. Zvolit způsob řešení dynamiky bojové činnosti protistojících stran:

- a) podle časových intervalů — způsob INTERVALY,

- b) podle bojových situací — způsob SITUACE.

Modelovací způsob INTERVALY použijeme v případě, kdy nemůžeme předem určit počátek následující bojové situace, která je definována jako dílčí součást celkové operačně taktické situace na sledovaném úseku válčiště. Proto stanovíme tzv. interval (nebo také krok) času, ve kterém probíhá určitá, operačně a matematicky definovatelná bojová činnost.

Modelovací způsob SITUACE můžeme využít v případech, kdy jsou pro model předem stanoveny časové okamžiky změn bojové situace. Podstata dynamického modelování pak spočívá v postupné, časově

determinované analýze podmínek změn bojových situací a dále v řešení nezbytných rozhodovacích procesů velitele.

4. Určit kvantitativní hodnoty ukazatelů, charakterizujících výsledky bojové činnosti vojsk a jejich kvalitativní přínos pro práci štábu.

5. Stanovit přesnost požadovaných výsledků dynamického modelování.

6. Zvolit způsoby a časové normy pro úpravu, doplňky a korekce výstupů dynamického modelu.

Vojsková praxe ukázala, že dynamické modely řešené způsobem SITUACE mají složitější strukturu, vyžadují delší čas na realizaci a můžeme je zatím zpracovávat na počítačích s dostatečnou kapacitou paměti a vysokou operační rychlostí. Výsledky modelování jsou však přesnější než u modelovacího způsobu INTERVALY. Tento způsob má opačné vlastnosti a vzhledem k tomu, že je dostatečně přesný a méně náročný na paměťová média počítače, je pro polní štáby výhodnější.

Praktickou využitelnost dynamických modelů při velitelsko-štabních cvičeních můžeme ukázat na **příkladu činnosti modelu letecké podpory útoku úderného uskupení frontu.**

Model je určen pro hodnocení bojové činnosti svazků a útvarů pozemního vojska v součinnosti s vyčleněnými silami a prostředky letectva frontu. V modelu se sleduje vývoj operačně taktické situace, vliv faktorů a podmínek bojové činnosti vojsk, úroveň systémů velení a dosažený stupeň bojové efektivity.

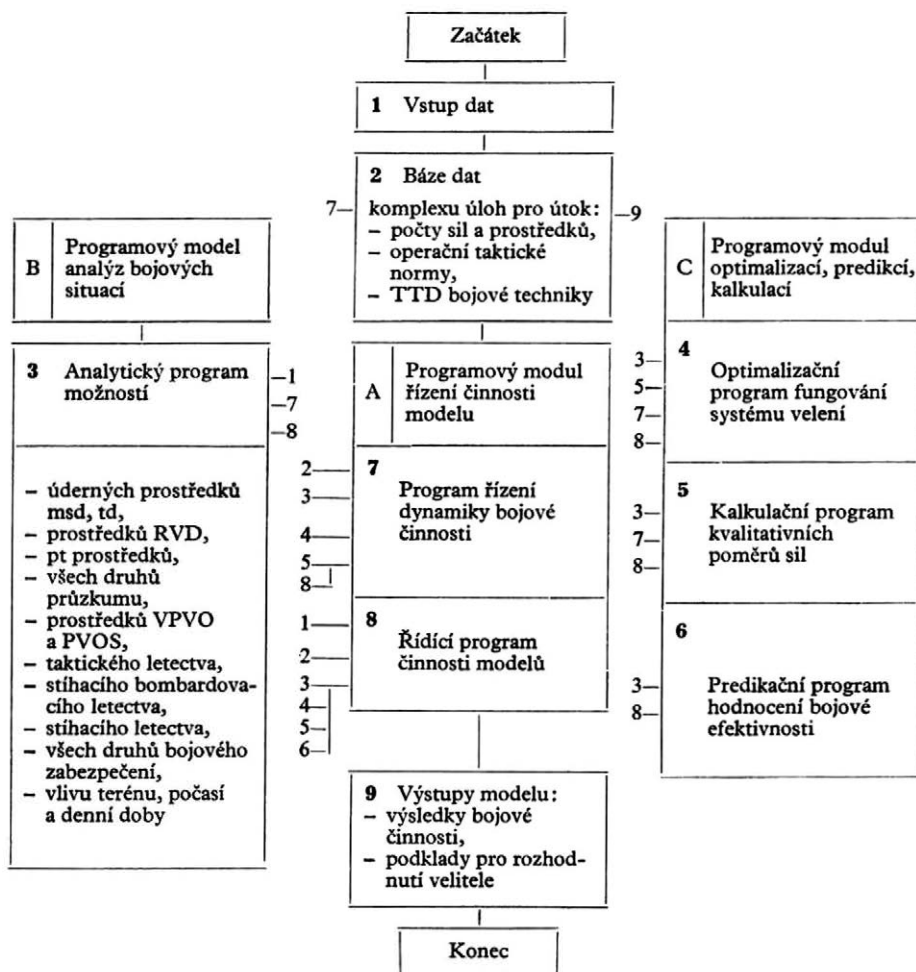
Dynamické modelování probíhá na základě **časoprostorového dělení** prvků bojové činnosti vlastních vojsk a nepřítelů.

Hloubka, šířka a výška prostoru uvažované bojové činnosti se rozdělí na několik, **relativně nezávislých menších prostorů**, ve kterých se pravidelně, **v pevně zvoleném časovém kroku** (viz modelovací způsob INTERVALY) vyhodnocují výsledky činnosti jednotlivých programových modulů a jim odpovídajících výstupů řídicích, analytických, kalkulačních, predikčních a optimalizačních programů.

Vzhledem k relativní nezávislosti těchto menších prostorů bojové činnosti se v časových krocích vyhodnocují vazby uvedených programů, aby bylo možno získat celkový obraz o vývoji a výsledcích bojové činnosti vojsk.

Do dynamického modelu je nezbytné nutně zavést časoprostorové dělení prvků bojové činnosti vzhledem ke kapacitním nárokům modelu na paměť minipočítače.

V okamžiku skončení časového kroku se vyhodnocuje stav modelového boje, hodnotí se bojové možnosti a poměry sil,



Obr. 1

sleduje se úroveň rozhodování v procesu velení a zjišťuje se dosažená bojová efektivnost. Dále se zavádí korekce a upřesňují se modelované výpočty s cílem ověřit reálné podmínky pro dosažení co nejvyšší úrovně bojové efektivnosti vlastních vojsk. Délka časového kroku se stanoví podle harmonogramu práce štábu a zpravidla se kryje s určenými dobami podávání operačních hlášení od podřízených jednotek, útvarů a svazků. Činnost dynamického modelu „Letecká podpora útoku úderného uskupení frontu“ viz **obr. 1**.

Jak vyplývá z **obr. 1**, dynamický model

tvoří dva základní programové moduly, které jsou řízeny modulem řídicím. Je účelné volit modulární způsob struktury dynamického modelu, abychom jej mohli systematicky upřesňovat, doplňovat a zdokonalovat. Modulární struktura umožňuje rovněž propojování dynamických modelů různých druhů bojové činnosti (např. útoku, obrany), popř. komunikací dynamických modelů na různých stupních velení — např. mezi štábem frontu a štáby armád.

Programové moduly jsou tvořeny účelově orientovanými programy. Jde obvykle o programy analýzy, které jsou napojeny

na programy kalkulační, predikční a optimalizační. Činnost dynamického modelu je zajišťována řídicím programem, na něj jsou napojeny vstupy a výstupy modelu. Použití báze dat je efektivním prvkem moderních způsobů modelování. Umožňuje minimalizovat počty vstupních dat, aktualizovat uložená data a ukládat modelem vypočtené údaje.

Činnost dynamického modelu probíhá v časové posloupnosti základních modelovacích úkonů a operací takto:

Prvá operace — příslušník štábu modelující zadaný problém připraví počítač, zavede potřebné instrukce pro činnost modelu a vstupní data. Dále probíhá aktualizace údajů v bázi dat a dojde k časoprostorovému rozdělení zasazených sil a prostředků ve stanovených menších prostorech.

Druhá operace — řídicí program dynamiky bojové činnosti zavede pevný časový krok modelování.

Třetí operace — řídicím programem je zahájeno modelování analýz bojových možností protistojících stran v prvním menším prostoru.

Čtvrtá operace — řídicí program propojí vstupy a výstupy programových modulů a jejich programů v rámci prvního časového kroku.

Pátá operace — výsledky dynamického modelování prvního časového kroku jsou po jeho ukončení odeslány řídicím programem na výstup modelu k tisku (nebo dočasnému zobrazení na displeji) ke kontrole činnosti modelu.

Šestá operace — příslušník štábu upřesní a koriguje modelované bojové situace od ovládacího zařízení počítače.

Sedmá operace — řídicí program porovná a sjednotí výsledky řešení bojové

činnosti v prvním menším prostoru s výsledky ostatních menších prostorů v rámci skončení prvního časového kroku.

Osmá operace — probíhá modelování v dalších časových krocích podle menších prostorů, probíhá sjednocování výsledků a jejich korekce a úprava.

Devátá operace — po vyčerpání všech časových kroků modelu řídicí program uzavře programové moduly, ukončí činnost řídicího programu dynamiky bojové činnosti a zabezpečí výstup konečných výsledků dynamického modelu v podobě tisku tabulek, textů, popř. grafických zobrazení. Probléme rovněž uložení vybraných zpracovaných údajů do báze dat.

Desátá operace — příslušník štábu ukončí činnost dynamického modelu, nebo zahájí zpracování dalšího plánovaného modelu.

Výsledky dynamického modelování ukázaly, že se doba řešení středně složitých modelů (podobných uvedenému příkladu letecké podpory útoku úderného uskupení frontu) pohybuje v rozmezích 10—15 minut.

Zavádění převozných minipočítačů do vojsk umožňuje široce využívat kvantitativně kvalitativní metody hodnocení výsledků bojové činnosti. Jedním z nejefektivnějších nástrojů realizace těchto metod je dynamické modelování, které se na současném stupni rozvoje technického a programového zabezpečení minipočítačů stává perspektivním prostředkem racionalizace velení.

Proto je důležitým a aktuálním úkolem štábů vševojskových svazů a štábů svazů druhů vojsk poznávat nové metody a prostředky zvyšování efektivity velení, studovat je a v co nejkratší době zavádět do praktického využívání na cvičeních.