

Matematické modelování bojové činnosti a jeho využití ve vojenskovědecké práci

Úkoly vojenskovědecké práce při zabezpečování výstavby a přípravy armády v období vědeckotechnické revoluce zákonitě rostou. Vznikají větší nároky na kvalitu a efektivnost výzkumů, na lepší využití existujících sil a prostředků výzkumných pracovišť, zabezpečit na vojenských vysokých školách i rozšiřujících se možnostech u štábů a vojsk, na další růst intenzifikačních faktorů rozvoje vojenské vědy obecně.

Jednou z hlavních cest řešení těchto úkolů je i v našich podmínkách zvládnutí a využívání nových účinnějších metod vojenskovědecké práce. Snad není nutné ani zvlášť zdůrazňovat, že použitá metoda řešení libovolného vědeckého problému je spolu s kvalifikací řešitelů hlavním limitujícím faktorem kvality výsledků tohoto řešení.

Je proto správné, jestliže se metodologickým otázkám vojenské vědy věnuje dnes i u nás stále větší pozornost. V poslední době jsou např. úspěšně aplikovány experimentální výzkumné metody na operačně taktických a taktických cvičeních, nebo metody kolektivního posuzování a řešení důležitých teoretických i praktických problémů přípravy štábů a vojsk i dalších úkolů na vojenskovědeckých konferencích a seminářích u MNO a svazů, na vojenských akademích a vojenských vysokých školách či na praco-

vištích výzkumné a vývojové základny.

Poněkud méně můžeme však být spokojeni s využíváním matematických, či logickomatematických metod, zejména metod matematického modelování bojové činnosti, v teorii vojenského umění i v dalších oblastech vojenské vědy. Chybí jak šíře rozvinutá aplikace, tak i perspektivněji založená koncepce jejich studia a rozvoje v našich specifických podmínkách.

Příčiny tohoto stavu mají sice objektivní základ, ale převládají momenty spíše subjektivní, které jsou průvodním jevem pronikání matematiky nejen do vojenské vědy, ale do společenských věd vůbec. Matematickým modelům bojové činnosti je zatím příliš nedůvěřuje vzhledem k jejich někdy spekulativně odvozeným konstrukcím, obtížnému ověřování některých jejich výsledků i doposud omezeným možnostem. Tato nedůvěra pramení mnohdy i z toho, že některé modely bojové činnosti se „zkompromitovaly“, neboť byly použity někdy i tam, kde svými vlastnostmi stačit nemohly.

Tyto problémy jsou charakteristické nejen pro výzkum v našich podmínkách. Obdobné potíže se vyskytují i v jiných armádách. Avšak i přes to se matematické modely bojové činnosti intenzivně zkoumají, dále rozpracovávají, ověřují a také úspěšně využívají v mnoha teoretických i praktických oblastech vojenství. V sou-

časné době existuje pro použití ve vojenskovědecké práci již značné množství různých druhů a typů těchto modelů. Ty tvoří základ jednotlivých modelovacích metod.

Rozeberme si nyní poněkud blíže jejich základní charakteristiky. Předem ještě poznamenejme, že **matematický model bojové činnosti** obecně je, obdobně jako jiné druhy vědeckých modelů, určitou zjednodušenou reprezentací objektu (reálné bojové činnosti), s kterou chceme operovat s cílem získat, fixovat nebo překódovat informace o tomto objektu.

Podle matematického aparátu, použitého ke konstrukci modelu, máme dnes k dispozici modely bojové činnosti **analytické** a **statistické**, popř. smíšené.

Analytické modely jsou soustavy matematických rovnic nebo nerovnic (algebraicky, diferenciálních apod.) s příslušnou interpretací proměnných a konstant, které vystupují v těchto rovnicích. Poměrně nejvíce byly až dosud rozpracovány a prostudovány **modely diferenciální**, popsané obyčejnými diferenciálními a v poslední době také parciálními diferenciálními rovnicemi. Od doby vzniku prvního diferenciálního modelu boje v roce 1916 se jim věnuje stále větší pozornost. Jsou zajímavé tím, že dosti dobře v kompaktní formě postihují dynamiku boje nebo jeho dílčích procesů (palby, průzkumu, doplňování vojsk, zásobování municí apod.) a že se v nich „odrážejí“ některé důležité zákonitosti ozbrojeného zápasu, resp. principy vojenského umění, jako např. princip soustředění sil a ničení nepřítelů po částech, princip ekonomie sil, princip překvapení aj.

Poznání těchto zajímavých vlastností diferenciálních modelů bylo také příčinou jejich intenzivního teoretického a experimentálního výzkumu. Některé zajímavé modely tohoto druhu u nás sestavili např. Kožešník, Skála. V SSSR je rozpracovali zejména Diner, Ventzelová, Čujev a další autoři. V některých armádách byly udělány poměrně rozsáhlé analýzy historických bojů a sražení, které měly ověřit širší platnost těchto modelů i pro soudobou bojovou činnost. Výsledky analýz předběžně potvrdily, že diferenciální modely:

- pro velké zdoluhavé boje, operace a války platí jen velice málo;
- relativně větší platnost mají u soudobých bojů malých měřítek;
- největší platnost vykazují u krátkodobých bojů malých měřítek a u soudobých jednotlivých bojových prostředků;
- jistou platnost mají také pro vzdusné boje a námořní boje hladinových lodí;

— pro popis pozemních bojů, obecně jsou dosti značným zjednodušením. Např. analýza pozemních bojů ukazuje, že absolutní poměr sil nemá na konečný výsledek boje příliš velký vliv, pokud je tento poměr menší než 1:4, zatím co diferenciální modely jsou na tento parametr boje velice citlivé.

Avšak i přes tyto závěry z analýz existuje i dnes mnoho zastánců diferenciálních modelů, jejichž výzkum dále pokračuje a v literatuře se objevují stále nové a nové příklady a snahy o jejich nejrozdílnější aplikace jak pro popis dílčích procesů ozbrojených střetnutí, tak i pro systémové studium ozbrojeného zápasu vcelku.

Statistické modely bojové činnosti jsou soubory algoritmů a příslušných východních údajů, které statisticky popisují skutečný boj a umožňují získávat, fixovat nebo překódovat informace o studovaném boji. Tyto modely se začaly rychleji rozvíjet až po vzniku číslicových samočinných počítačů, kdy se vytvořily příznivé technické podmínky pro jejich efektivní realizaci a tím i široké uplatnění.

Základem statistických modelů je metoda Monte Carlo. Podstata jejího použití u těchto modelů spočívá v simulaci náhodných jevů a procesů, které probíhají v ozbrojeném střetnutí. Přitom není nutné znát obecná pravděpodobnostní rozdělení náhodných veličin, která charakterizují průběh střetnutí globálně. Znalost takových rozdělení při obrovském množství náhodných faktorů v reálném boji není ani dost dobře možná. Při metodě Monte Carlo stačí znát pravděpodobnosti výskytu nebo rozdělení jednotlivých dílčích náhodných veličin, jevů a procesů (např. pravděpodobnost zásahu nebo zničení cíle, pravděpodobnost zjištění cíle, apod.) a pomocí nich kombinovat celkový složitý proces simulace boje vhodnými algoritmy.

Oproti analytickým mají statistické modely celou řadu výhod a předností, které byly také příčinou jejich rychlého rozvoje a uplatnění v různých oblastech vojenskovědecké práce. Je to např. možnost zachycení mnohem většího množství faktorů, které ovlivňují průběh a výsledek střetnutí, včetně ničivého působení zbraní a detailů geografického prostředí, v němž se střetnutí odehrává. Dále je možnost lepšího vyjádření subjektivního faktoru (schopnosti velitelů, důstojníků štábů) na obou „bojujících“ stranách úpravou modelu do různých forem hry a i možnost řešení širší třídy vojenských problémů a úkolů. Avšak i přes tyto vý-

hody se u nás modelům pozemního boje tohoto druhu věnovala menší pozornost než modelům analytickým.

Z hlediska techniky realizace jsou matematické modely bojové činnosti upraveny **pro ruční operování** nebo jako modely řešené na samočinných počítačích (diferenciální na analogových nebo číslicových a statistické na číslicových). Statistické modely, realizované na samočinných počítačích, se nazývají též jako **počítačové simulace**. Ruční simulace se používají dnes zpravidla jen k didaktickým účelům.

Simulační modely (ruční i počítačové) můžeme přitom konstruovat jako modely s **pevnými pravidly** (s tzv. pravou simulací — plně algoritmizované modely) generování procesů bojové činnosti nebo s **volným průběhem** (s nepravou simulací), u kterého základní rozhodovací situace řeší podle svých zkušeností a intuice člověk, zařazen do modelu jako jeho součást — rozhodovací prvek. První typ modelů je výhodnější pro výzkumné účely, druhý pro výcvik.

Podle vzájemné informovanosti „bojujících“ stran o postavení a činnosti vojsk se matematické modely člení na **otevřené a uzavřené**. U otevřených rozhodnutí mají obě strany úplné informace o počtech, typech, stavu a činnosti bojových prostředků své strany i strany nepřítele v každém časovém okamžiku boje. U modelů uzavřených jsou tyto informace jen částečné, neúplné, nezbytně nutné pro modelovací proces.

Z hlediska způsobu a formy vyjádření faktoru neurčitosti modelovaných procesů bojové činnosti rozeznáváme modely **deterministické a stochastické**. U deterministických modelů se operuje se středními hodnotami náhodných veličin modelovaných procesů, u stochastických buď s pravděpodobnostmi stavu stran nebo s úplnými rozděleními pravděpodobností náhodných faktorů bojové činnosti. Je zřejmé, že stochastické modely poskytují relativně přesnější a úplnější informaci o studovaném boji, z hlediska konstrukce jsou však zpravidla komplikovanější.

Výsledky modelování bojové činnosti jsou dalším hlediskem, podle kterého můžeme matematické modely konstruovat a řídit, a to na modely **imitační** (popisové), **hodnotící** (určené k prostému porovnávání variant řešení situací) a **optimalizační** (sestavované) pro hledání nejlepších či racionálních rozhodnutí při přípravě nebo v průběhu vedení bojové činnosti). K optimalizačním modelům řadíme též všechny matematické modely

teorie operačního výzkumu, používané k optimalizaci dílčích i komplexnějších procesů bojové činnosti at informálního, nebo hmotně energetického charakteru (modely lineárního programování, síťového plánování, apod.).

Hodnověrnost výsledků modelování se často posuzuje podle toho, na jakém principu či jakým způsobem byl použitý model bojové činnosti odvozen. Existují dva možné způsoby konstrukce:

1. **Na principu teoretických předpokladů** o charakteru a průběhu modelovaného boje. Tak byl odvozen např. Lanchesterův model i většina známých diferenciálních i statistických modelů boje.

2. **Na principu analýzy údajů historických bojů a sražení** (např. logaritmičský Weiss Pettersonův a kvadratický Engelsův model). Zásad tohoto způsobu se využívá i při historické verifikaci modelů odvozených z teoretických předpokladů.

Podle rozsahu (úrovně) modelovaných procesů bojové činnosti se matematické modely rozdělují ještě na: modely **dílčích procesů** bojové činnosti, modely **taktické, operační** (operačně taktické), **strategické a globální**.

U nás jsou nejvíce rozpracovány a využívány **modely dílčích procesů** bojové činnosti, zejména ve formě programů jednotlivých operačně taktických a týlových úloh nebo ucelené soubory těchto úloh, jako jedna z hlavních komponent matematického zabezpečení systému velení a řízení. Tendence postupného integrování těchto dílčích modelů na bázi počítačů vyšších generací vytváří předpoklady ke konstrukci matematických modelů bojové činnosti většího rozsahu pro taktickou a operačně taktickou úroveň se stále komplexnější množinou úloh umožňujících modelovat bojovou činnost už jako spojitý proces. Zdůrazněme však, že ne každá úloha (program) může být modelem (viz definici matematického modelu).

Do skupiny **taktických modelů** se řadí modely boje jednotlivých bojových prostředků (tzv. duely, triely) a modely boje taktických jednotek, útvarů a svazků (vševojskových nebo druhů vojsk a speciálních vojsk).

Poměrně dobře jsou v literatuře rozpracovány **duely** (souboje dvou bojových prostředků) s regulárními i náhodnými toky výstřelů charakterizované určitým rozdělením pravděpodobnosti, duely se stabilní nebo měnící se polohou duelantů, duely bez řízení střelby a pohybu nebo s řízením, se zahrnutím vlivu terénu a atmosféry nebo bez tohoto vlivu apod. Ke

konstrukci těchto modelů se úspěšně využívá různého matematického aparátu: algebraických a diferenciálních rovnic i algoritmů.

Méně jsou rozpracovány **triely** (soubore 3 bojových prostředků) i jejich aplikace na generalizované situace, kdy pod pojmem „bojový prostředek“ vystupují jednotlivé státy nebo vojenské koalice a pod „výstřelem“ duelanta se kalkuluje s hromadným jaderným úderem. Dochází ovšem k „posunu“ úrovně modelovaných procesů z taktické do strategické či globální, pochopitelně za předpokladu značné generalizace „vstupních“ i „výstupních“ informací modelu. Z teoretického hlediska jsou však i tyto generalizované modely velice zajímavé.

Ze skupiny „taktických modelů“ jsou u nás známy např. modely boje malých jednotek: Polygon (ČSLA), Kompas (Svycarsko), Carmonette (USA) a další.

O modelech vyšší úrovně je v literatuře dostatek všeobecných informací. Konkrétní závěry a zkušenosti z jejich praktického použití pochopitelně z důvodu utajení schází.

Matematické modely bojové činnosti se dnes sestavují k různým účelům a vzhledem k nim se upravují i jejich základní vlastnosti tak, aby při jejich používání bylo dosaženo nejlepšího efektu. **Vzhledem k účelu použití** můžeme všechny uvedené modely rozdělit do třech hlavních skupin a to na modely:

- vědecké (výzkumné),
- pro výcvik (výuku),
- štábní.

Vědecké (výzkumné) modely bojové činnosti jsou určeny k teoretickému a experimentálnímu výzkumu v různých oblastech vojenské vědy a technického rozvoje. Hlavní požadavek, který se na tyto modely klade, je možnost získat co největší množství přesných informací o průběhu modelovaných procesů potřebných pro jejich hluboké a všestranné prostudování. U těchto modelů není podstaté ani dodržení skutečného časového měřítka průběhu modelovaných procesů ani operativnost manipulace s modelem. Z literatury známe případy, kdy např. simulace několik desítek hodin trvajícího boje probíhala několik týdnů i měsíců.

Největšího uplatnění našly tyto modely při projekci nových druhů zbraní a bojové techniky, při hledání jejich optimálních takticko-technických parametrů, resp. při analýze těchto zbraní a techniky metodou „efektivnost — náklady“.

V poslední době se stále více uplatňují modely tohoto druhu v oblasti teorie vojenského umění na úrovni taktické, operační i strategické. Z našeho hlediska jsou zajímavé především pokusy s těmito modely s cílem porovnávat bojovou hodnotu našich svazků se svazky NATO, vliv zavedení automatizovaných systémů vedení svazků a útvarů na zvýšení jejich bojeschopnosti a zkoumání (hledání) nejvhodnější taktiky použití nových zbraňových systémů nebo taktiky obrany proti nim.

Zdá se, že v této oblasti má i naše vojenskovědecká práce široké možnosti využívání vlastních nebo převzatých matematických modelů.

Matematické modely pro výcvik (výuku) se prosazují dnes jako jeden z nejefektivnějších způsobů přípravy velitelů a štábů i výuky posluchačů na vojenských vysokých školách. U nás se zatím využívají především matematické modely dílčích procesů bojové (operační) činnosti, jako programy operačně taktických a týlových úloh, řešených na počítačích při různých taktických a operačně taktických cvičeních, štábních nácvicích a při výuce taktiky a operačního umění na vojenských akademích a vojenských vysokých školách.

Komplexních počítačových simulací bojové činnosti se u nás, kromě modelu boje motostřelecké čety „Polygon“ pro počítač ZPA-600, zatím nepoužívalo. Příčiny jsou především v tom, že na tyto modely jsou kladeny vysoké nároky operativnosti i za cenu snížení jejich informační hodnoty. Výcvik nemůže probíhat tak, jako simulace při výzkumu, kde na čase téměř nezáleží. Výcvik musí být veden v reálném čase, popř. i ve zmenšeném časovém měřítku. To však předpokládá vysoké nároky na zabezpečení realizace s rychlým a fyziologickým vlastnostem člověka přizpůsobeným vstupním a výstupním zařízením. Složitá a náročná je i konstrukce těchto modelů, zejména z hlediska programátorského. Neméně podstatná je však i subjektivní stránka. Je třeba získat pro myšlenku vybudovat „trenažér k výuce taktiky a operačního umění“ příslušné zázemí a kompetentní tým řešitelů. Náléhavé úkoly zvyšování kvality a efektivnosti výuky a výcviku velitelských kádrů v současné době si to nutně vyžadují.

Štábní modely jsou konstruovány pro potřeby ověřování plánů boje (operací) a variant rozhodnutí v mírové době nebo za

války. Svým charakterem, vlastnostmi jsou velice podobné modelům vědeckým. Jejich specifika spočívá zejména v tom, že pro jejich použití v době války se klade požadavek operativnosti na první místo. To je nutné brát v úvahu i při tvorbě matematického zabezpečení automatizovaných systémů velení, které bude plnit i funkce štábního modelu.

Ze stručné charakteristiky matematických modelů bojové činnosti, jejich konstrukce a použití můžeme vyvodit důležité závěry.

Matematické modelování bojové činnosti můžeme již za současného stavu jeho rozpracovanosti pokládat za velice efektivní **systémovou metodu** vojenské vědy určenou ke studiu ozbrojeného zápasu v jeho nejrozličnějších aspektech. Tato metoda **umožňuje** typický laboratorní výzkum procesů bojové činnosti prakticky libovolného měřítka až na úrovni taktické, operační, či strategické. Může být použita ke studiu bojové činnosti v libovolném geografickém prostoru, ze kterého jsou k dispozici topografické mapy, nebo i v terénu s hypotetickými vlastnostmi, s použitím existujících nebo projektovaných zbraní a bojové techniky, se současně zavedenými nebo předpokládanými organizačními strukturami vojsk, s platnými nebo připravovanými zásadami vedení bojové činnosti u jedné nebo u obou bojujících stran. S použitím této metody můžeme mnohem všestranněji a objektivněji **simulovat chování nepřítelů**, průběh hmotně energetických procesů, zejména procesů ničení. Právě možnost **simulovat procesy vzájemného ničení**, jakožto nejcharakterističtějších jevů ozbrojeného zápasu, s teoreticky libovolnou podrobností a přesností je jednou z největších předností této metody. Žádná jiná metoda nemůže procesy vzájemného ničení bojujících stran vyjádřit přesněji, než metoda matematického modelování.

Při použití matematických modelů můžeme modelovat **plynulou změnu procesů** boje (operace) od jeho zahájení až do okamžiku ukončení a studovat je ve vzájemných časově prostorových souvislostech a ne „přehrávat“ pouhé určité, i když podstatné epizody v omezených časových fragmentech. Dále tyto metody umožňují několikanásobně přitom nenákladně **opakování průběhu** studované operace (boje) za relativně stejných podmínek a tím také získat rozsáhlý statistický materiál, nezbytný k odvození a potvrzení vytyčených hypotéz, předpokládaných závěrů, zásad, principů či zákonitostí.

Metody matematického modelování vytvářejí **základ i pro objektivnější optimalizaci** rozhodovacích procesů, přesnější odhad důsledků přijatých rozhodnutí. Poskytují kvantitativní podklady pro formalizaci i ostatních informačních procesů, které probíhají v systémech velení jednotlivých stran a stávají se tak **metodologickým základem řešení** problémů tvorby a exploatace **automatizovaných systémů** velení a řízení.

Speciální matematické modely, realizované na samočinných počítačích a upravené pro potřeby výcviku, jsou jedním z nejmodernějších **prostředků přípravy** velitelů a štábů pro řešení složitých rozhodovacích situací, které vznikají v souběhu bojů (operací). Jsou jakýmsi „trenažérem“ pro operačně taktickou a taktickou přípravu štábních kolektivů, který vhodně doplňuje dosud známé a používané metody.

Z tohoto hlediska, ovšem i z hlediska práce vědeckovýzkumných pracovníků, jsou metody matematického modelování, jak ukazují zahraniční i naše zkušenosti, významným **stimulátorem inovací ve vojskoteoretickém myšlení**, jeho tvůrčí aktivity, prognostických poznatků o příštím boji (operaci), o způsobech a formách jeho přípravy a vedení. To platí zvláště v podmínkách týmového výzkumu nebo u výcviku štábů, kdy dochází k bezprostřední interakci mezi účastníky simulace při posuzování generovaných údajů.

Je přirozené, že metoda matematického modelování bojové činnosti není zcela univerzální. Vedle svých nesporných předností a kladů má i jistá omezení a nedostatky. Ani ona nemůže poskytnout úplně přesné a jisté odpovědi na zkoumané otázky. Je to zejména proto, že v žádném matematickém modelu nemůžeme dosti dobře, či úplně věrně reprodukovat specifické situace a momenty, které vznikají tam, kde vystupuje jako důležitý faktor dějů skutečný člověk se všemi svými psychicko-fyziologickými a ostatními vlastnostmi. Další příčina spočívá i v tom, že laboratorní způsob „realizace“ procesů ozbrojeného zápasu a jeho studia postrádá reálnou část na rozhodovacím procesu celé hierarchie velitelských stupňů. S modelem boje (operace) operuje buď jediný výzkumný tým (i jednotlivý výzkumník) nebo při výcviku štábů zpravidla velice omezený počet stupňů velení (1 až 2, maximálně 3 stupně).

Metoda modelování má i některé další „technologické nedostatky“. Je dosti ná-

ročná na přípravu modelů i přípravu jejich bezprostředního použití. Vyžaduje příslušné technické vybavení (počítač, zobrazovací a jiná technická zařízení) a vycvičený technický personál pro obsluhu těchto zařízení. S tím je nutné počítat.

Ovšem i přes tyto nedostatky a omezení je metoda matematického mode-

lování velice hospodárná, účinná, daleko rozšiřuje možnosti vojenskovědeckého výzkumu i intezifikace výcviku velitelských kádrů. Ve spojení s ostatními metodami vojenskovědecké práce může přispět k dalšímu podstatnému zvýšení úrovně vědecké práce a přípravy štábů i v naší armádě.