

MODELOVÁNÍ BOJOVÉ ČINNOSTI VOJSK S VYUŽITÍM DIGITALIZOVANÉ MAPY PRŮCHODNOSTI TERÉNU

Bojové možnosti vševojskových svazů a svazků jsou určovány jejich palebnou silou, mohutností úderu a účinností manévru.

Dynamika přemísťování vojsk (tj. manévr pohybem) závisí především na úrovni operačně taktických a technických charakteristik výzbroje a bojové techniky, na operační připravenosti válčiště a zejména pak na přírodních a zeměpisných podmínkách, které působí v prostoru bojové činnosti vojsk.

V článku vymezují nejdůležitější přírodní a zeměpisné charakteristiky válčiště, analyzují jejich význam a vliv na manévr vojsky a specifikují aplikační metodu matematického modelování manévru vševojskovými útvary v reálném terénu.

Obtížnost zpracování matematických modelů bojové činnosti vševojskových útvarů a svazků spočívá nejen v řešení otázek algoritmizace a formalizace matematických vztahů palebné činnosti vojsk, efektivnosti úderů RVD a frontového letectva, ale zejména v modelování dynamiky vševojskové operace a boje a z ní vyplývajících manévrovosti vojsk.

Zatímco v prvních modelech bojové činnosti vojsk byly uvažovány vlivy přírod-

ních a zeměpisných charakteristik válčiště pouze jako okrajové podmínky modelování, vystupují v modelech soudobé operace a boje jako významné faktory, které působí na časový průběh a celkový výsledek bojové činnosti.

V souvislosti s rychlým rozvojem výpočetní techniky a jejího programového zabezpečení jsou v matematických modelech operace a boje uplatňovány výkonné báze dat, v nichž jsou ukládány a systematicky obnovovány hlavní charakteristiky reálných zeměpisných oblastí, rozsáhlých teritorií a státních celků, včetně záznamu potenciálního vlivu hydrometeorologických podmínek na bojovou činnost vojsk.

V ČSLA je vytvářena a postupně do praxe vojsk zaváděna tzv. báze dat přírodních a zeměpisných charakteristik válčiště (dále jen báze dat), která pracuje na principu digitalizace nejdůležitějších veličin průchodnosti terénu. Obsah báze dat, vytvořený převedením údajů map průchodnosti terénu (měřítko 1:200 000) do číslíkové podoby, postupně rozšiřujeme a upřesňujeme, aby využívání jejího obsahu přispělo k urychlení zpracovatelského procesu operačně taktických úloh a modelů a tím ke zvýšení účinnosti automatizace velení vojskům.

Vliv přírodních a zeměpisných charakteristik válečného terénu na manévry vojsk

K základním charakteristikám přírodního a zeměpisného prostředí válečného terénu patří reliéf terénu, půdní podklad, porosty, hydrografické a meteorologické podmínky. Kromě toho sem patří další prvky, vytvořené člověkem, tj. sídla, průmyslové a jiné topografické objekty a také všechny druhy komunikací.

Výsledky výzkumných matematických modelů a následné ověřovací zkoušky pohybu vojsk v proudech, v předbojových a bojových sestavách prokázaly rozdílný vliv uvedených charakteristik na rychlost a na možné způsoby manévru vojsky. Současně tak byly vyvolány objektivní požadavky na větší přesnost výpočtů tempa útoku v závislosti na terénu a přírodních podmínkách.

Reliéf terénu snižuje rychlost pohybu vojsk v rozsahu 6 až 97 % nejvyšší možné rychlosti. Např. v mírně zvlněném terénu (při převýšení do 300 m) je rychlost pohybu vojsk v průměru menší o 11 %, v členitém terénu (při převýšení do 500 metrů) o 17 %, ve středně vysokých horách (ve výškách od 1000 do 2000 m) o 25 až 42 % a ve vysokohorském terénu (nad 2000 m) až 97 %.

Půdní podklad snižuje rychlost pohybu vojsk v rozsahu 17 až 48 % nejvyšší možné rychlosti. Např. na písčito-hlinitých půdách dochází ke zmenšení rychlosti o 17 až 23 %, na písčitých půdách o 32 až 48 %; rovněž tvrdé podklady (skalnaté velkoplošné tabulové útvary) způsobují svým fyzikálním složením zvýšené mechanické namáhání pásů tanků, BVP a OT, čímž je snižována rychlost vojsk až o 9 %.

Z porostů mají největší vliv rozsáhlé oblasti jehličnanů. Např. středně staré jehličnaté lesy (do 30 let) s vybudovanými průseky a cestami snižují rychlost vojsk o 19 až 34 %. Souvislé staré smíšené lesy (nad 30 let) s řídko připravenými cestami dokonce o 62 až 85 %. Lesy také určují vhodné směry pohybu pochodových proudů vozidel, ovlivňují způsoby vzájemného prostorového uspořádání pohybujících se bojových sestav vojsk, místa jejich soustředování a výchozí prostory.

Hydrografické podmínky válečného terénu jsou utvářeny charakteristikami řek, kanálů, jezer, vodních nádrží a bažinatých terénů. Největší překážkou pohybu vojsk jsou středně široké (do 300 m), široké (více jak 300 m), hluboké (od 1,5 m výše), rychlé (do 2 m.s⁻¹) a velmi rychlé (více jak 2 m.s⁻¹) řeky, které znemožňují zejména brodění bojové techniky. Úzké a

mělké řeky pak vytvářejí přirozené hranice bojových sestav a operačních uskupení vojsk, čímž vlastně vymezují výchozí a koncové čáry manévru vojsky. Řeky a vodní nádrže mohou rovněž způsobovat rozsáhlé oblasti záplav, čímž spolu s přírodními bažinatými terény téměř znemožňují jakýkoli manévry. Aktivní záplavy, způsobované zásahem člověka, lokalizují prostory možných manévru vojsky a jsou významným faktorem, který omezuje jejich pohyb na válečném terénu. Pasivní záplavy — např. jarní tání sněhové pokrývky hor — znásobují negativní vliv profilu horského terénu na rychlost pohybu vojsk.

Meteorologické podmínky jsou vytvářeny teplotou a vlhkostí vzduchu, atmosférickým tlakem, množstvím srážek, rychlostí větru, úrovní oblačnosti a hustotou mlh. Deštěm rozbahněné hlinité půdní podklady snižují např. maximální možnou rychlost manévru vojsk o 17 až 27 %, silně rozbahněné až o 64 %. Meteorologické podmínky ovlivňují dynamiku manévru vojsk zejména při vedení bojové činnosti v podmínkách použití zbraní hromadného ničení.

Značný podíl na snížení rychlosti pohybu vojsk mají **sídla**. Velká města s počtem obyvatel 50 000 a větším jsou překážkou, kterou vojska většinou obcházejí. Rovněž ostatní města a sídla městského, venkovského a vilového typu ztěžují manévry a zpomalují průměrnou rychlost jejich pohybu v rozsahu 33 až 68 % nejvyšší možné rychlosti.

Průmyslové a jiné topografické objekty, jako např. šachty, továrny, elektrárny, objekty vysílačů, letiště aj. zpomalují pohyb vojsk v závislosti na velikosti jejich rozlohy a také na tom, jak silná obrana je kolem nich vybudována.

Komunikace patří k nejdůležitějším činitelům, které ovlivňují pohyb vojsk. U železničních tratí nejvíce zpomalují manévry výkopy a náspy kolem nich. Například dálnice, silniční komunikace a všechny druhy cest umožňují vojskům dosáhnout rychlosti o 25 a v některých případech až 100 % vyšší, než je průměrná rychlost v daném druhu terénu.

Shrnutím těchto přírodních a zeměpisných charakteristik válečného terénu do jednoho společného — integrujícího parametru, můžeme stanovit jejich operačně taktický význam a prognózovat úroveň vlivu na rychlost a možnosti výběru směrů manévru vojsky. Jde o parametr, který nazýváme **průchodnost terénu**.

Modelování manévru vojsky s využitím báze dat průchodnosti terénu

Údajů topografických pomůcek a map průchodnosti terénu můžeme využít k vy-
mezení a kvantifikaci základních veličin
průchodnosti terénu — viz tabulku 1. Zde
je uveden i sklon terénu, tj. úhel, který
svírá dílčí část reliéfu terénu s vodorov-
nou rovinou. Kvantifikace sklonu terén-
ních svazů má význam pro hodnocení
bojových možností pohybujících se vojsk
z hlediska účinnosti jejich přímé střelby
i ochrany proti palbě nepřítelů.

Vzhledem k relativně nízkému počtu
kvantifikačních stupňů veličin průchod-
nosti terénu (6 stupňů) na jedné straně
a značné složitosti modelování manévru
vojsky na straně druhé, byla pro účely
naplňování a využívání báze dat vytvoře-
na **dvoustupňová metoda vyhodnocování
rychlosti pohybu vojsk v reálném terénu.**

Na **prvém stupni** prostřednictvím osmi-
bodové stupnice (bod 0 až 7) vyhodnoci-
me veličiny průchodnosti terénu (viz ta-
bulku 1) na zvoleném operačním směru.
Při hodnocení využíváme pravouhlé rovin-
né souřadnice (kilometrovou síť) mapy
průchodnosti terénu. Opěrnou, výchozí
hodnotou použité stupnice, je označen
rovinatý, nezalesněný terén s pevným hli-
nitým podkladem při normálních povětr-
nostních podmínkách (bez působení vod-
ních srážek, při standardní vlhkosti, tepla

tě a tlaku vzduchu). Na tomto terénu
(hodnoceném bodem 0), dosahují vojska
v předbojových a bojových sestavách ma-
ximální možné rychlosti manévru. Při
změně jednotlivých veličin průchodnosti
terénu jsou s uměrným zhoršováním pod-
mínek pohybu vojsk zvětšována i bodová
hodnocení terénu od 1 do 7. Nárůst může
probíhat lineárně i nelineárně v závislosti
na stupni kumulace veličin průchodnosti
terénu ve vyhodnocovaném prostoru.

Na **druhém stupni** vyhodnocení vypo-
čítáváme průměr všech zjištěných veličin
průchodnosti terénu a automaticky, tj.
prostřednictvím programového zabezpečení
daného modelu bojové činnosti, je vypo-
čítávána rychlost manévru vojsky. Vý-
počty vycházejí z výsledků výzkumných
modelů a ověřovacích zkoušek. Rozlišuje-
me přitom rychlost tankových jednotek,
jednotek na BVP, OT i jednotek, označo-
vaných typově, v souladu s organickým
složením našich motostřeleckých a tanko-
vých pluků.

Použitá rozlišovací úroveň modelování
manévru vojsky (msp a tpj) byla stano-
vena na základě výsledných časů mode-
lování útoku motostřelecké divize prvního
sledu vševojskové armády v průběhu prv-
ního dne útočné operace (tj. hloubka při-
bližně 50 km od předního okraje, šířka

Tabulka 1

Veličiny průchodnosti terénu, uvedené na mapě		Počet kvantifikačních stupňů znázorněných na mapě
1	sklon terénu	4
2	druh půdy	5
3	relief terénu	6
4	lesní porosty	2
5	vodní překážky	2
6	silniční síť	2

Tabulka 2

Jednotka, útvár, svazek	Počet modelovacích kroků	Množství použitých vstupních dat na jeden krok [byte]	Doba modelování útoku [min]
mspr, tpr	780	$1,1 \cdot 10^3$	42,10
msp, tp	260	$3,5 \cdot 10^2$	8,20
msd, td	86	$1,2 \cdot 10^1$	1,80

pásma divize 20 km). Provozní výsledky modelování — viz **tabulku 2**.

Z tabulky 2 vyplývá, že rozlišovací úroveň modelování manévru vojsky na stupni msp, tpr je vzhledem k časovým normám metodiky práce operačních štábů neúměrně vysoká. Výhodná (pro krátkou dobu řešení) je úroveň msd a td. Výsledky modelování na této rozlišovací úrovni však byly málo přesné. Chybné určování směru manévru msd (td) bylo v rozmezí ± 9 km, což je téměř polovina šířky pásma útočící divize a střední chyba modelování rychlosti manévru při tempu útoku 42,5 až 45 km . h⁻¹ dosahovala neúnosných hodnot 8,5 až 10,2 km . h⁻¹. Proto byla pro účely modelování manévru vojsky zvolena rozlišovací úroveň msp (tp) a jim odpovídající úroveň (útvár pozemního vojska a letka frontového a vojskového letectva).

Formami manévru při vedení boje všech vojskových útvarů byly určeny tyto činnosti:

- útok v předbojových sestavách,
- útok na obranná postavení nepřítele v bojové sestavě,
- pronásledování nepřítele,
- obrana čáry (prostoru) v průběhu plnění bojového úkolu,
- odchod v bojových sestavách,
- přemísťování v proudech (četních, rotních, praporečích),
- přeprava ve vrtulnících,
- útvár je v určených prostorech a nepůsobí na nepřítele.

Při tvorbě algoritmů uvedených forem manévru vojsky bylo nutné vycházet rychlosti postupně upravovat podle charakteru a úrovně vlivu podmínek, které působí na průběh a výsledek boje. Proto jsou v modelech boje msp a tp využívány a kvantifikovány následující výchozí a omezující podmínky:

Struktura báze dat a dosažené výsledky modelování bojové činnosti vojsk

Konkrétní aplikace dvoustupňové vyhodnocovací metody jsou založeny na použití tzv. **charakteristického čísla průchodnosti terénu**, ve kterém jsou do jednoho informačního celku sdruženy hlavní veličiny průchodnosti terénu na ploše 2×2 km.

Charakteristická čísla průchodnosti terénu mají výchozí formu zápisu ABCDEF a lze je znázornit způsobem — viz **tabulku 3**.

Jednotlivé veličiny A až F jsou vhodné přeměněné veličiny map průchodnosti terénu, uvedené v tabulce 1 a znamenají:

A — obtížnost překonávání různých re-

— úroveň naplněnosti a bojeschopnosti vlastních vojsk, včetně vyhodnocení úrovně jejich morálně bojových kvalit,

— předpokládaná intenzita bojové činnosti protistojícího nepřítele s využitím hodnot bojových potenciálů výzbroje a bojové techniky,

— stupeň ženíšního zabezpečení protistojícího nepřítele (spěšné zaujatá obrana nebo připravená obranná postavení s vybudovanými opěrnými body čet a rot),

— účinnost komplexního palebného ničení,

— radiační, chemická, biologická situace v prostoru bojové činnosti,

— povětrnostní podmínky, roční a denní doba na válčišti (bojišti),

— úroveň týlového, technického zabezpečení manévru (zabezpečení vojsk PHM, municí, náhradními díly a agregáty bojové techniky).

V algoritmech modelování bojové činnosti vojsk jsou dále využívány údaje báze dat o vlastních vojskách i vojskách nepřítele, kde jsou kromě standardně uložených dat pro operačně taktické úlohy komplexu ALEX zaznamenány souřadnice prostorů rozmístění vojsk.

V jednotlivých částech modelování bojové činnosti vojsk algoritmy zabezpečují výpočet:

— **dílčích a celkových ztrát vlastních vojsk a vojsk nepřítele** v závislosti na faktorech a podmínkách bojové činnosti na směru manévru vojsky a v jeho okolí (vymezeném dostředem použitých palebných prostředků),

— **rychlosti manévru** vojsky v daném prostoru bojové činnosti,

— **dosažených čar a zaujatých prostorů** v závislosti na úrovni ztrát vlastních vojsk a vojsk nepřítele a na rychlosti manévru.

ličů terénu bez ohledu na počasí a směr manévru msp (tp),

B — obtížnost překonávání různých půdních podkladů terénu vzhledem k počasí a sklonu terénu,

C — obtížnost překonávání dané terénní překážky (např. rokle, řeky, lesa atd.), vzhledem ke směru pohybu msp (tp),

D — směr určité terénní překážky, orientovaný podle světových stran a oceňující její reliéf,

E — aktuální změna průchodnosti terénu (např. po použití ZHN, v důsledku umělých záplav apod.),

Tabulka 3

Velikost průchodnosti terénu	A	B	C	D	E	F
Maximální počet stupňů hodnocení	4	3	7	4	7	=

F — znaménko charakteristického čísla, které určuje předpokládanou tendenci ke zrychlení manévru (např. pohyb vojsk po pozemních komunikacích), nebo ke zpomalení manévru (např. v zamořeném terénu, v důsledku obejití sídel atd.).

Z popisu charakteristického čísla vyplývá, že k modelování manévru jsou uvažovány buď přímo nebo zprostředkovaně všechny základní přírodní a zeměpisné charakteristiky válcíště, směr přírodních terénních překážek a uměle vytvořených objektů. Zvláštní význam má velikost E, jejímž prostřednictvím v závěru tvorby charakteristických čísel definitivně zhodnotíme původní velikost průchodnosti terénu na základě štábem plánovaného výsledku bojové činnosti (např. po palbě ničení dělostřelectva a raketového vojska, úderch letectva a zvláště po vlastních i nepřátelských jaderných úderech).

Každé charakteristické číslo průchodnosti terénu zapisujeme do báze dat s využitím délky jednoho slova počítače ADT-MOMI. Pro praktické účely modelování

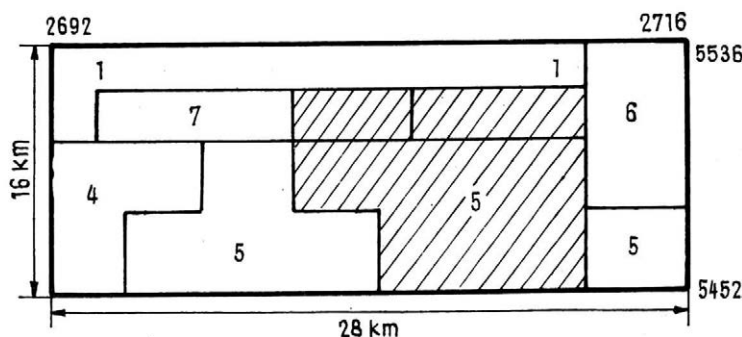
vlivu terénu na manévru vojsk byla navržena speciální metodika výtčání velikost průchodnosti terénu z mapy, včetně variant sestavování charakteristických čísel. Rovněž byla stanovena pravidla ukládání charakteristických čísel do báze dat, formy jejich aktualizace i způsoby praktického využívání důstojníky operačních štábů.

Báze dat je tvořena třemi úrovněmi známými:

— **první obsahuje** základní přehledové schéma válcíště, které zobrazuje digitalizovanou oblast reálného terénu válcíště jako určitého, operačně vymezeného celku. Z hlediska velikosti jde o geografickou soustavu, případně podsoustavu. Jsou na ní zaznamenávány hlavní orientační body (např. státní hranice, velká města) a významné geografické dominanty (horské masivy);

— **druhá zahrnuje** schémata jednotlivých podoblastí přehledového schématu válcíště, která tvoří podrobnější digitalizaci průchodnosti terénu na rozsáhlejších plochách. Velikost těchto ploch můžeme srovnat s geografickými celky a podcelky a pro účely matematického modelování je zvolena přibližně ve velikosti 15 000 až 50 000 km². Přírodní a zeměpisné podmínky ploch jsou prostřednictvím velikost průchodnosti terénu ohodnocovány na nejnižší možné, tzv. hrubé rozlišovací úrovni, kterou mohou štáby použít pro základní výpočty plánování směrů a rychlostí manévru vševojskovými svazky (digitalizované schéma průchodnosti terénu v podoblasti — viz obr.);

Prostor 5 (část)



Obr.

— třetí úroveň tvoří záznamové archy podrobné digitalizace průchodnosti terénu na ploše 2×2 km s využitím zásad navržené metodiky tvorby charakteristických čísel průchodnosti terénu (tyto archy slouží jako pracovní moduly báze dat).

Tabulka 4 znázorňuje část jednoho z vytvořených záznamových archů digitalizace průchodnosti terénu. Charakteristická čísla jsou v něm uložena ve tvaru $\pm$ DBAC, přičemž veličina E je jako nulová. Oproti

výchozí formě zápisu ABCDE $\pm$ jsme s využitím posloupnosti $\pm$ DBAC zkrátali čas pro přípravu dat průchodnosti terénu a ušetřili kapacitu paměti počítače.

Některé výsledky modelování boje tankového pluku s využitím báze dat (použitý krok modelování je 2 km) — viz **tabulku 5**.

Celkové výsledky modelování boje tp, který překonal vzdálenost 51 km za 10 h 42 minut se zadanými výchozími a omezujícími podmínkami modelu — viz **tabulku 6**.

Tabulka 4
Prostor 3 A (část)

Prostor 3 A (čast)									
3300		3304		3308		3312		3316	
8 km	0030	0040	0060	—3074	0010	0010	0010	0240	5576
	0040	2053	0050	0010	—0070	—3013	0010	0040	
	0020	0020	0050	0030	0040	0050	—0010	0010	5572
	0050	0040	0010	0020	0030	0060	0220	0010	5568
16 km									

Tabulka 5

Souřadnice kroku		Průchodnost terénu	Ztráty vlastní za jeden krok [%]	Ztráty nepřítelů za jeden krok [%]
X [km]	Y [km]			
5496.732	3312.000	0010	0,03	0,05
5498.464	3313.000	0121	0,04	0,06
5500.196	3314.000	0220	0,05	0,06
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
5526.177	3329.000	0100	1,02	2,09
5527.909	3330.000	0011	0,71	1,47
.	.	.	.	.

Tabulka 6

Ztráty [%]							
vlastní				nepřítelů			
tp				mp a op			
živá síla	BVP	OT	tanky	živá síla	TVP	OT	tanky
12,06	13,42	18,66	21,97	35,06	32,12	48,32	39,55

Výsledky modelování bojové činnosti motostřeleckých (tankových) pluků prokázaly praktickou využitelnost báze dat při přípravě útočných operací vševojskových svazů. Např. doba modelování útoku dvou msp a jednoho tp jako prvního sledu motostřelecké divize, která plní úkol prvního dne armádní útočné operace při různě volených variantách směrů útoku útvarů, nepřevýšila 9,5 min.

Provozování báze dat dále potvrdilo, že ukládání a výběr veličin průchodnosti terénu z báze dat je vhodné uskutečňovat po větách, které obsahují 256 slov počítače ADT-MOMI. Takto sdružené věty charakteristických čísel průchodnosti tvoří plochu 32×32 km, vhodnou pro modelování prostorového rozmístění a manévru vševojskovými svazky.

Při zkušebním provozu báze dat byla rovněž řešena otázka plynulosti modelování útoku vševojskových útvarů na styku 2 a 3. zeměpisného pásu. Ověřená chyba digitalizace průchodnosti terénu nepřevý-

šila mez, která umožňuje reálné modelování pohybu vojsk. Tím byla zároveň potvrzena oprávněnost zvolené rozlišovací úrovně modelování boje pro stupeň vševojskový útvar.

Nevýhodou aplikace báze dat je poměrně vysoká pracnost a doba vyčítání použitých veličin průchodnosti terénu podle navržené metodiky a jistý stupeň subjektivnosti posuzování těchto veličin. Při tvorbě báze dat spolupracovalo proto vždy několik zkušených pracovníků — geografů a operátorů, kteří vzájemně upravovali výsledky svého hodnocení průchodnosti terénu.

Bázi dat můžeme v budoucnosti využívat při řešení aktuálních úkolů automatizace velení. Půjde zejména o modelování účinků ZHN v reálném terénu válčiště a o modelování možností operačního zabezpečení soudobé operace (boje) — zejména otázek přímé viditelnosti průzkumných prostředků v terénu a úkolů ženijního zabezpečení manévru vojsky.