

MODEL DOSAHU RADARU S VYUŽITÍM DIGITÁLNEJ MAPY TERÉNU

pplk.Ing. Ján Ochodnický, PhD.

npor.Ing. Dušan Cabala

Vojenská akadémia v Liptovskom Mikuláši
Fakulta PVO

ABSTRAKT

V článku je popísaný jeden zo spôsobov modelovania dosahu prehľadového radaru, ktorý využíva digitálnu mapu terénu na výpočet a 2D alebo 3D vizualizáciu priestoru zistenia. Pre riešenie úlohy boli využité možnosti programového prostredia MATLAB, ktoré obsahuje početné prostriedky najmä z hľadiska grafických prezentácií modelov. Lhká modifikovateľnosť predstavovaného modelu ho predurčuje k využitiu na rôznych úrovniach vo vojenskej, ale i v civilnej oblasti.

ÚVOD

Modelovanie je v súčasnosti rozšírenou a osvedčenou metódou riešenia zložitých taktických a technických úloh vo vojenstve. Pokrok v modelovaní je obvykle spájaný s pokrokom v oblasti počítačových systémov. Tak, ako sa vyvíjala výpočtová technika, rozvíjali sa i možnosti modelovania a simulácie. Postupne vznikali a vznikajú rôzne softvérové produkty, ktorých cieľom je zefektívnenie práce odborníkov v rôznych oblastiach. Takéto produkty zväčša nevyžadujú osobitné programátorské schopnosti pri ich využívaní a preto sa stávajú silným nástrojom pre riešenie rozmanitých úloh. Jedným z kvalitných produktov, patriacich do spomenutej kategórie je MATLAB[®]. Využitie tohoto prostriedku v podmienkach fakulty PVO je už takmer tradíciou najmä v technických oboroch, avšak jeho využitie pre takticko-technické výpočty a vizualizáciu nie sú dostatočne overené. V nasledujúcich častiach bude popísaný spôsob modelovania, simulácie a vizualizácie dosahov rádiolokačných kompletov. Prvá časť obsahuje základný popis problému. V druhej časti je uvedený spôsob implementácie digitálnej mapy do prostredia MATLAB a celkový popis modelu. Tretia časť prináša niektoré výsledky a ukážky modelových situácií.

I. POPIS PROBLÉMU

Pri modelovaní priestoru zistenia rádiolokátora je potrebné v prvom rade vychádzať z takticko-technických parametrov konkrétneho typu radaru. Väčšina výrobcov udáva maximálne dosahy pre dané konkrétne podmienky, niektorí výrobcovia demonštrujú možnosti

radaru formou rezu vyžarovacej charakteristiky vo vertikálnej rovine. Každá spoločnosť ktorá vyrába rádiolokačnú techniku uvoľní detailné informácie iba v prípade seriózneho záujmu o nákup danej techniky. Preto už v procese výberu vhodných rádiolokačných prostriedkov je potrebné riešiť otázky vhodnosti jednotlivých typov pre dané konkrétne podmienky.

Jedným zo základných parametrov rádiolokátora PVO je maximálny dosah na vzdušný objekt s určitou efektívnou odrazovou plochou na danej výške. Tento údaj slúži spravidla ako hlavný údaj pre modelovanie priestoru zistenia. Ak neuvažujeme okolitý terén a iné vplyvy (napríklad rušenie), nevznikajú pri modelovaní zásadné problémy. V opačnom prípade je problém oveľa zložitejší. V nasledujúcom popise budeme predpokladať, že rádiolokátor je zasadený v členitom teréne a pracuje v podmienkach bez rušenia.

Úlohou je vytvoriť model zóny zistenia rádiolokátora na výške H_C s prihliadnutím na okolitý terén za predpokladu, že poznáme jeho maximálny dosah D_{max} na danej výške pri predpokladanej známej efektívnej odrazovej ploche potenciálnych cieľov. Pre riešenie uvedenej úlohy vychádzame v počiatku riešenia z hranice priamej rádiovej viditeľnosti

$$R_{max} = 4,123 \left[\sqrt{H_A} + \sqrt{H_C} \right] \quad (1)$$

kde H_A je výška elektronickej osi antény od základne rádiolokátora. Vzťah (1) sa uplatní najmä pri malých hodnotách H_C . V prípade stredných a veľkých výšok bude maximálny dosah daný členitosťou okolitého terénu, ktorý spôsobuje vznik „rádiolokačných tieňov“. Pre výpočet polohového uhla (elevácie), zodpovedajúceho šikmej vzdialenosti daného cieľa je možné použiť vzťah

$$\varepsilon = \arcsin \left(\frac{H_C}{D_{max}} \right) \quad (2)$$

II. MATLAB A DIGITÁLNA MAPA

Predpokladajme, že máme k dispozícii digitálnu mapu územia, nad ktorým sa bude vykonávať rádiolokačný prieskum. V súčasnej dobe je možné získať digitálne mapy z rôznych zdrojov. V danom konkrétnom prípade predpokladajme použitie digitálnej mapy, uloženej v súbore *súbor.dat*. Prvoradou úlohou je transformácia dát z dátového súboru s mapou do formy, ktorú pozná MATLAB. Riešenie tejto úlohy je možné iba za predpokladu, že poznáme štruktúru príslušného dátového súboru. Na otvorenie súboru s digitálnou mapou je možné použiť štandardnú funkciu

$fid = fopen('súbor.dat')$

a pre čítanie dát funkciu

$f = fread(fid, X, 'short')$

kde do premennej f budú postupne načítané dáta charakteru 'short' a X je rozmer dátovej matice. Samotný cyklus načítania a ukladania je daný štruktúrou dátového súboru. Výsledkom je dátová matica, vhodná pre použitie v matlabe. Takto vytvorené dáta je možné zobrazit' pomocou funkcie $surf(mapa)$, kde $mapa$ je názov dátovej matice. Konečnou operáciou je uloženie (archivácia) digitálnej mapy príkazom $save názov$, čím v cieľovom adresári vytvoríme súbor $názov.mat$.

S použitím funkcie $surf(mapa)$ je spojená možnosť definovania vlastného spôsobu a farebnej škály zobrazenia digitálnej mapy. Na tento účel slúžia parametre v tvare a poradí

$surf(mapa)$
 $shading interp$
 $colormap (mapcolor)$

kde funkcia $shading$ zabezpečí spôsob aplikácie farebnej škály v závislosti na použitom parametri. Pre digitálnu mapu je vhodné použitie parametra $interp$, ktorý zabezpečí interpoláciu všetkých zvolených odtieňov v škále zobrazenia mapy. Funkcia $colormap$ zabezpečí aplikovanie vlastnej farebnej škály, uloženej v premennej $mapcolor$ [1].

V prípade potreby zobrazenia ďalších geografických údajov (štátne hranice, mestá, atď.) je možné využiť horeuvedený postup za predpokladu, že máme k dispozícii príslušné dátové súbory. Ak tomu tak nie je, je potrebné „manuálne“ modifikovať dátovú maticu $mapa$ na základe dostupných geografických údajov.

Záverečnou fázou tvorby modelu je samotné programovanie a vytvorenie m-súboru so zdrojovým textom programu. Vytvorený program je možné spúšťať v prostredí MATLAB, je možné ho modifikovať podľa aktuálnych potrieb užívateľa. Pre skvalitnenie užívateľského komfortu je taktiež možné využiť techniku prostredia *guide*.

III. VÝSLEDKY SIMULÁCIÍ

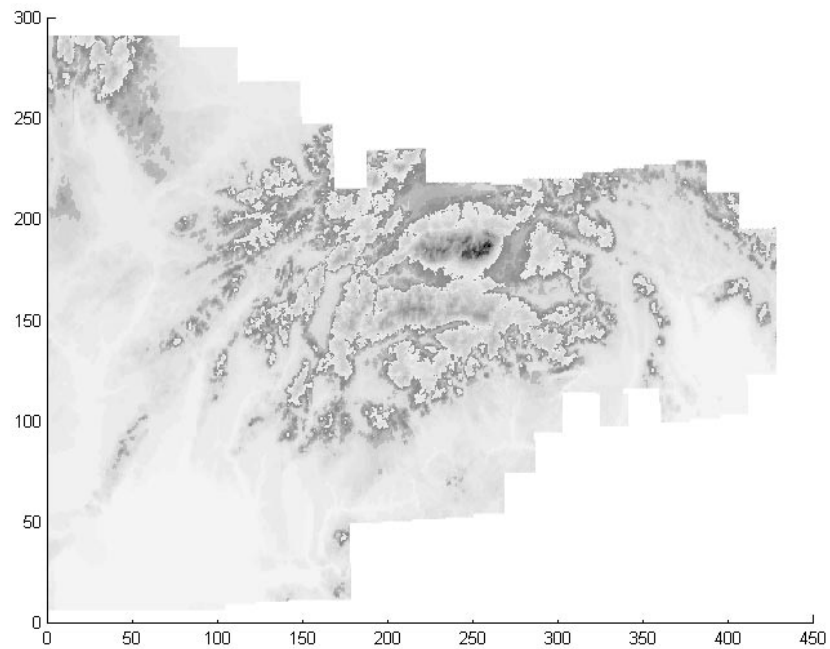
Pre potreby overenia funkčnosti modelu a vykonanie simulácií bola použitá digitálna mapa územia Slovenskej republiky s rozlíšením 1 x 1 km. Takéto rozlíšenie postačuje pre potreby overenia funkčnosti modelu, ale v praktických aplikáciách bude potrebné použiť lepšie rozlíšenie (rozlišovacia schopnosť digitálnej mapy determinuje veľkosť dátovej matice

a tým dobu výpočtov). Na obrázku 1 je grafický výstup s digitálnou mapou územia SR. Do takejto mapy je možné zasadiť zvolený radar. Pre farebné zobrazenie digitálnej mapy bola zvolená nasledujúca škála farieb *mapcolor* v tvare

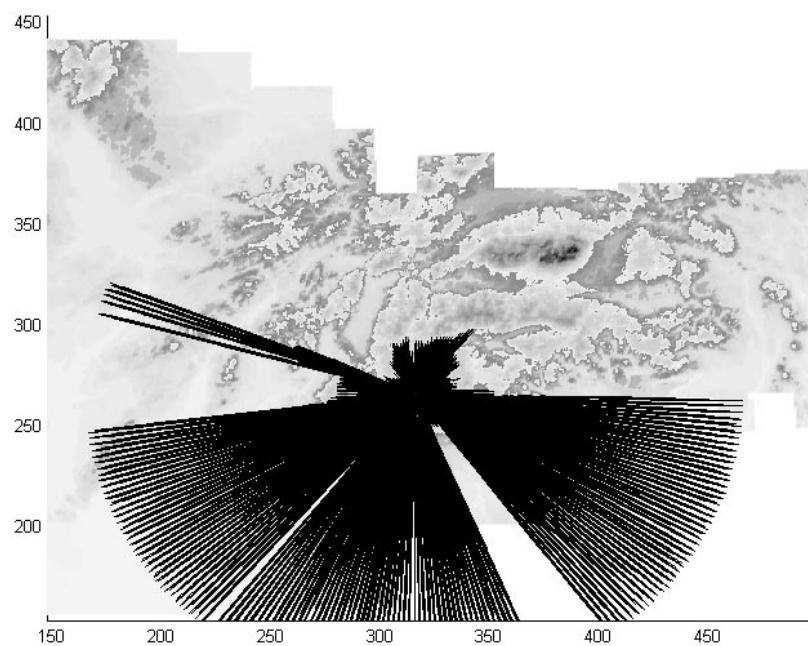
```
mapcolor=[1 1 1;  
245/255 255/255 240/255;  
230/255 255/255 240/255;  
220/255 252/255 220/255;  
213/255 251/255 202/255;  
205/255 252/255 205/255;  
203/255 249/255 180/255;  
195/255 249/255 170/255;  
190/255 249/255 170/255;  
180/255 249/255 170/255;  
170/255 249/255 170/255;  
162/255 248/255 162/255;  
152/255 248/255 152/255;  
116/255 245/255 116/255;  
122/255 231/255 103/255;  
75/255 223/255 60/255;  
53/255 216/255 35/255;  
52/255 209/255 35/255;  
250/255 233/255 197/255;  
249/255 228/255 185/255;  
248/255 225/255 177/255;  
247/255 220/255 164/255;  
247/255 216/255 153/255;  
245/255 213/255 146/255;  
244/255 210/255 140/255;  
243/255 207/255 133/255;  
243/255 204/255 122/255;  
242/255 200/255 113/255;  
241/255 197/255 105/255;  
240/255 193/255 96/255;  
239/255 189/255 86/255;  
238/255 183/255 68/255;  
237/255 181/255 63/255;  
237/255 176/255 52/255;  
236/255 173/255 43/255;  
235/255 168/255 29/255;  
235/255 165/255 22/255;  
233/255 164/255 20/255;  
228/255 160/255 20/255;  
224/255 158/255 20/255;  
221/255 155/255 19/255;  
215/255 151/255 19/255;  
210/255 149/255 19/255;  
193/255 136/255 17/255;  
182/255 128/255 16/255;  
171/255 121/255 16/255;  
159/255 113/255 15/255;  
142/255 100/255 13/255;  
135/255 95/255 12/255;  
129/255 90/255 12/255;  
115/255 81/255 11/255;  
103/255 72/255 10/255;  
92/255 60/255 8/255;  
68/255 48/255 6/255;  
50/255 35/255 5/255;  
25/255 30/255 3/255;  
0 0 0];
```

Predpokladajme, že je potrebné vytvoriť model priestoru zistenia rádiolokátora cm pásma s maximálnym dosahom 150 km na cieľ vo výške 1000 m. Súradnice stanovišťa rádiolokátora sú dané v Kartézskej súradnicovej sústave. Výsledkom by mal byť tvar

priestoru zistenia, ktorý bude daný charakterom okolitého terénu a hranicami maximálneho dosahu (alebo hranicami priamej rádiovej viditeľnosti). Na obrázku 2 je znázornená popísaná modelová situácia v dvojrozmernom (2D) priestore tak, ako to umožňuje prostredie MATLAB.

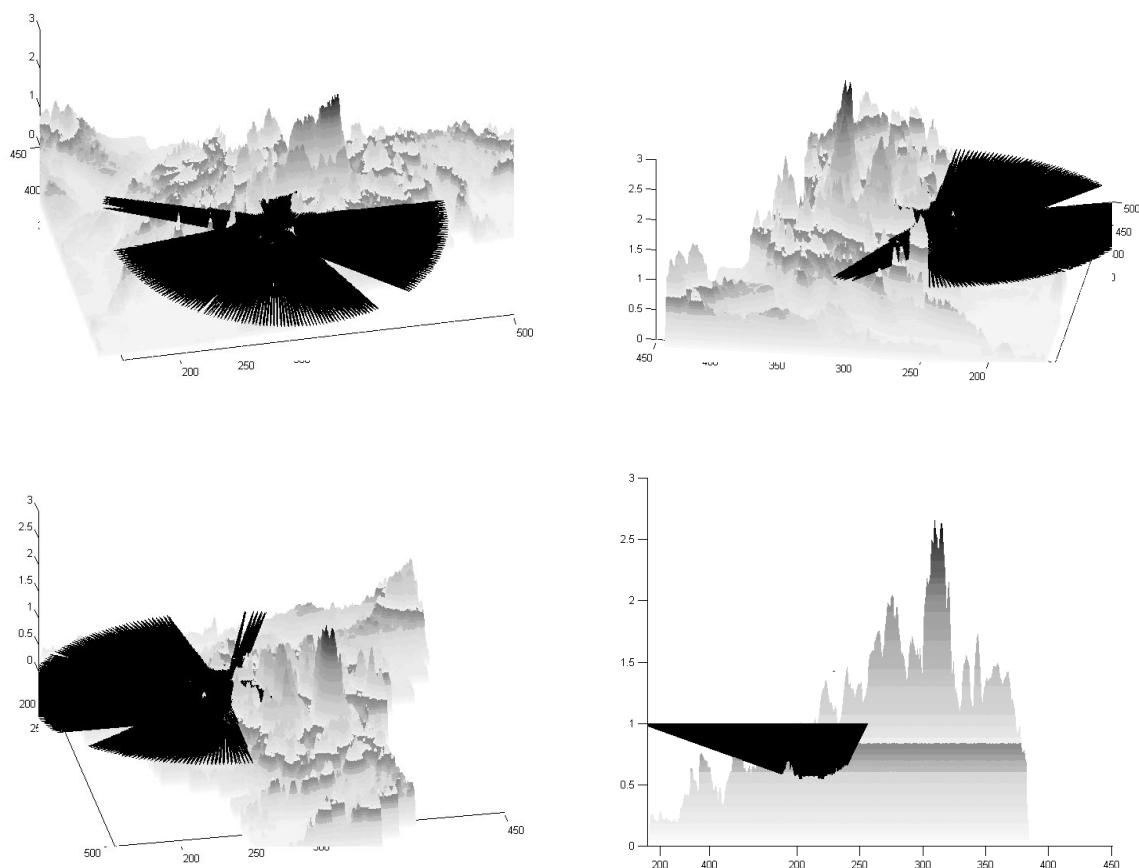


Obrázok 1. Digitálna mapa s rozlíšením 1 x 1 km.



Obrázok 2. Grafické 2D znázornenie modelovej situácie

Zobrazenie podľa obrázku 2 je však len jednou z možností vytvoreného modelu. V niektorých prípadoch bude vhodnejšie použitie trojrozmerného (3D) zobrazenia. Keďže programové prostredie vytvára takéto možnosti, jednoduchým pootočením osí zobrazenia je možné realizovať priestorovú 3D vizualizáciu. Niektoré možnosti takejto vizualizácie sú znázornené na obrázku 3.



Obrázok 3. Niektoré ukážky 3D zobrazenia modelovej situácie

ZÁVER

Modelovanie a simulácia majú vo vyspelých armádach svoje pevné miesto a sú jedným zo základných prostriedkov na zefektívnenie činnosti. V článku je ukázané, že popri špecializovaných simulačných technológiách, ktoré vyžadujú vysoko odborný profesionálny prístup, je pre modelovanie a simuláciu možné na rôznych úrovniach riadenia využívať bežné komerčné technológie. Dosiahnuté výsledky je možné ďalej rozvíjať a zdokonaľovať. V prípade prostredia MATLAB® je možné využiť okrem iných možností možnosť kompilácie vytvorených programov do jazyka C++. V takomto prípade vzniknú súbory, pre spustenie ktorých prostredie MATLAB nie je potrebné.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

1. *MATLAB. The Language of Technical Computing. Using MATLAB Graphics. Version 5.3.* The Mathworks Inc., Natick, MA, 1999.

Adresa autorov:

Vojenská akadémia

Fakulta PVO

P.O.BOX 45

03101 Liptovský Mikuláš

SLOVAKIA

e-mail: ochodnicky@valm.sk