

PRÁCA S RÁDIOLOKAČNÝMI DÁTAMI V MATLABE

Ing. Ján Ochodnický

Ing. Jozef Tkáč, CSc.

Ing. Dušan Varga

Vojenská akadémia, Liptovský Mikuláš
Fakulta protivzdušnej obrany, Katedra rádiolokácie
E-mail: ochodnicky@valm.sk

ABSTRACT

For current period of the radar technology modernisation is typically applications of the digital signal processing in obsolete analog radar systems. Target tracking is a fundamental building block of majority the Radar Data Processing (RDP) algorithms. The objective of target tracking or, in general, multiple-target tracking (MTT) is to partition sensor data into sets of observations and produce the track of a target.

The most popular approach in MTT is the Kalman filtering. In our case radar data were acquired from output of extractor of the radar receiver and they have format "PLOT".

This paper proposed the decision of application MATLAB ver. 5.3. for testing of real radar data tracking techniques.

ÚVOD

Rádiolokácia, ako samostatný odbor elektroniky sa začala rozvíjať v polovici 30-tich rokov, avšak až rozvoj metód číslicového spracovania signálov a rozvoj výpočtovej techniky umožnili budovanie rozsiahlych multiradarových sietí. V takýchto sieťach ide predovšetkým o získanie maximálneho množstva informácie o objektoch v záujmovom priestore a sledovanie ich pohybu (tracking) [1]. Jednou z úloh, ktoré sa v súčasnej dobe riešia, je modernizácia starších analógových typov radarov ako zdrojov dát do spomínaných sietí spracovania rádiolokačnej informácie. Na uvedený účel sa vyvíjajú moderné rádiolokačné prostriedky s číslicovým spracovaním informácie. Dáta na výstupe prijímača takéhoto radaru charakterizujú základné parametre polohy rádiolokačného objektu a obsahujú niektoré ďalšie údaje, ako napríklad: čas zistenia sledovaného objektu, perióda otáčania anténneho systému, poloha (post) rádiolokátora, kanál spracovania, severová značka a ďalšie informácie potrebné pre riadenie letovej prevádzky. Poloha objektu je charakterizovaná nasledujúcimi údajmi:

- azimut začiatku zistenia objektu (typ *short*),
- azimut ukončenia zistenia objektu (typ *short*),
- vzdialenosť objektu od rádiolokátora (typ *unsigned short*).

Uvedené dáta sú základom pre generovanie značky objektu v tvare bodu, zobrazovaného na prehľadovom displeji, pre ktorý sa v odbornej domácej i zahraničnej terminológii zaužíval pojem „PLOT“ (zaznačiť). Takáto značka sa na displeji (v prípade detekcie objektu) objavuje raz za periódu otáčania antény radaru. Na základe série PLOT-ov (otáčok antény) a splnenia určitých kritérií je možné hovoriť o dráhe (trajektórii) objektu v priestore a v odbornej terminológii je proces sledovania dráhy objektu označovaný pojmom „tracking“.

Celý proces sledovania dráhy rádiolokačného objektu je sprevádzaný vplyvmi rušenia rôzneho charakteru. Ide predovšetkým o chyby, produkované jednak samotným objektom (turbulencie, atmosféra, manévrovanie ...) a chyby produkované radarom (chyba merania súradníc vplyvom šírky vyžarovacej charakteristiky, vnútorné šumy prijímača ...). V dôsledku uvedených skutočností je potrebné tzv. surové dáta podrobiť procesu filtrácie a v takomto prípade hovoríme o filtrácii dráhy objektu.

Pre účely filtrácie dráhy je možné použiť rôzne typy modelov pohybu a rôzne typy filtrov. Výber závisí predovšetkým od charakteru pohybu daného objektu (rovnomerný priamočiary, manéver v kurze, manéver v rýchlosti atď.). V podmienkach navrhovania systémov sledovania pohybu rádiolokačných objektov je značná pozornosť venovaná práve výberu typov sledovacích filtrov. Programové prostredie MATLAB vytvára vhodné podmienky pre riešenie modelových situácií i v oblasti spracovania rádiolokačných dát. V tomto článku je pozornosť venovaná využitiu prostredia MATLAB v procese testovania Kalmanovho filtra, ako prakticky najrozšírenejšieho typu filtra. Možnosť využitia štandardných funkcií MATLAB-u pre načítanie spracovanie a vizualizáciu reálnych rádiolokačných dát vytvára podmienky pre efektívne riešenie uvedených problémov v laboratórnych podmienkach.

REÁLNE DÁTA A MATLAB

Pre spracovanie rádiolokačných údajov Kalmanovým filtrom boli použité dáta generované na výstupe moderného rádiolokátora s digitálnym spracovaním rádiolokačného signálu typu MORAD. Reálny záznam obsahoval údaje o polohe a čase zistených sledovaných cieľoch, perióde otáčania anténneho systému, polohe (poste) rádiolokátora, kanále, v ktorom bol signál o ciele spracovaný a ďalšie informácie potrebné pre riadenie letovej prevádzky. Z komplexného záznamu o celkovej vzdušnej situácii sledovanej pomocou uvedeného rádiolokátora zo dňa 2.12.1997 od 16:45 do 16:53 hod. z priestoru východného Slovenska boli extrahované len dráhy letu objektov, ktoré svojimi parametrami spĺňali stanovené kritériá. Vypracovaným programom v prostredí jazyka MS Visual C++ 5.0 bola realizovaná extrakcia údajov o polohe sledovaných objektov rádiolokátorom. Štvrtý údaj bol príznak prechodu anténneho systému severom (začiatok novej periódy otáčania), alebo príznak kanálu spracovania signálu typu *unsigned char*. Tieto údaje boli zaznamenané do súborov s príponou *.rec*. Ďalej je ukázaný možný spôsob načítania extrahovaných dát. V uvedenom výpise je vidieť, že boli rešpektované zásady vektorizácie pri písaní kódu [2].

```

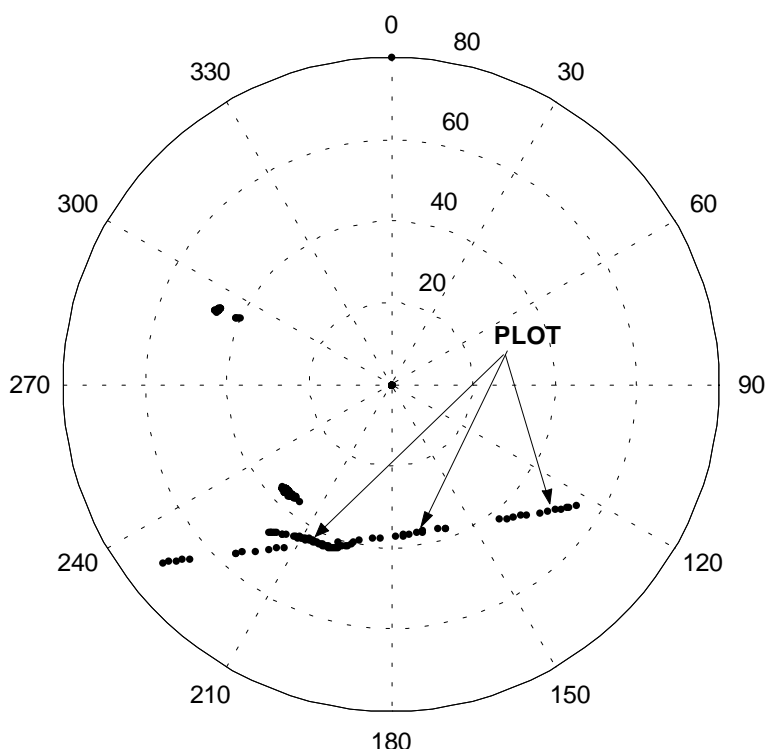
subor = '1_ip.rec';
fid = fopen(subor);
f1 = fread(fid,[1,inf],'short',5);
fseek(fid,2,'bof');
f2 = fread(fid,[1,inf],'short',5);
fseek(fid,4,'bof');
f3 = fread(fid,[1,inf],'ushort',5);
fseek(fid,6,'bof');
f4 = fread(fid,[1,inf],'uchar',6);
F = [f1;f2]; F = [F;f3]; F = [F;f4];
k = length(F);
f = reshape(F,1,4*k);
fclose(fid);

```

Vo vektore **f** je zaznamená postupnosť dát o polohe a príznaku, ktorá zodpovedá reálnej situácii sledovaných vzdušných objektov. Vektor **f** bol postupne načítavaný modulom Kalmanovho filtra a modulmi pre zobrazenie informácie typu PLOT v rôznych súradnicových systémoch (polárny, pravouhlý).

VÝSLEDKY SPRACOVANIA REÁLNYCH DÁT

Ako vyplýva z uvedených skutočností, dáta, získané z radaru boli predspracované modulom načítania a v dôsledku toho sú uložené vo vektore \mathbf{f} . Ďalšou úlohou bolo jednak zobrazenie dát a jednak ich ďalšie spracovanie v Kalmanovom filtri. Z toho vyplývala potreba vytvorenia programových modulov v príslušnom m -súbore. Na obrázku 1 je imitované zobrazenie spracovávaných dát na klasickom displeji typu azimut-diaľka. Pre takéto zobrazenie je v MATLAB-e vhodné použitie štandardnej funkcie **polar** [3], avšak zdrojový m -súbor je potrebné upraviť tak, aby zobrazenie zodpovedalo reálnym radarovým displejom (zmysel otáčania, počiatok otáčania apod.). Takýmto spôsobom bola vytvorená nová funkcia **iko** (indikátor kruhového obzoru), ktorú je možné použiť na modelovanie klasického radarového zobrazenia. Už na prvý pohľad je z obrázku 1 zrejmé, že pri sledovaní

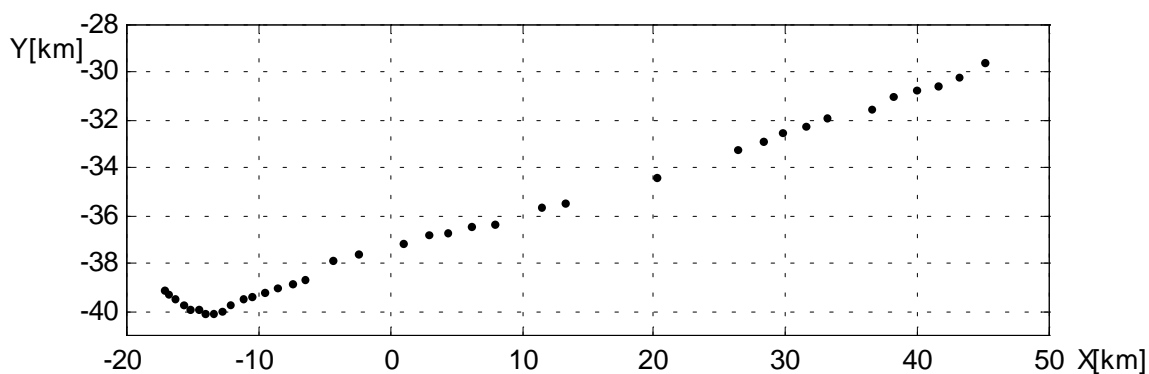


Obrázok 1. Imitácia zobrazenia dráhy na klasickom radarovom displeji typu azimut-diaľka

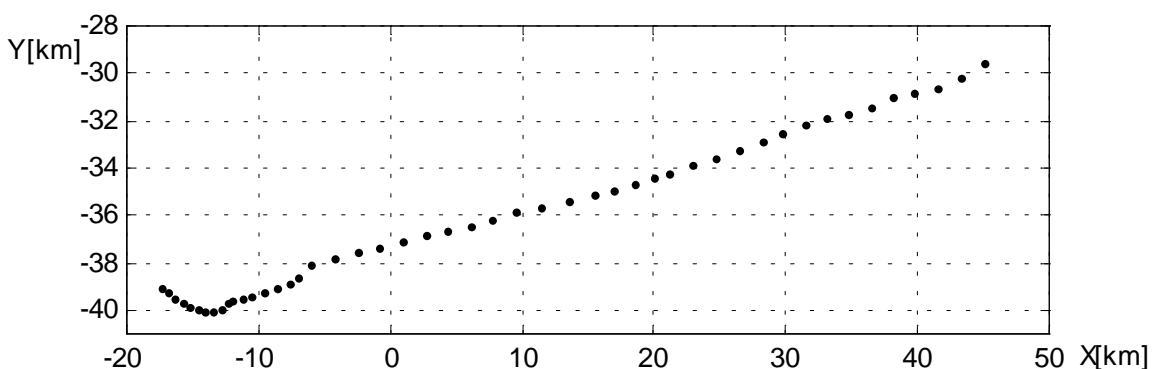
objektu došlo hneď v niekoľkých periódach k výpadku informácie (v príslušnom cykle nebol objekt detekovaný). To je tiež jedna z príčin, pre ktorú je potrebné takéto „surové“ dáta podrobiť ďalšiemu spracovaniu.

Nasledujúcou úlohou bolo podrobiť dáta zobrazené vo forme PLOT filtrácii. Nakoľko v reálnych multiradarových sieťach prebieha spracovanie dát v pravouhlej (kartézskej) súradnicovej sústave, bolo potrebné dáta s polárnymi súradnicami transformovať do pravouhlých (funkcia **pol2cart**). Na obrázku 2 je dráha objektu zobrazená v pravouhlých súradniciach.

Pre filtráciu dráhy objektu bol použitý známy Kalmanov filter [4], ktorý patrí do skupiny rekurentných filtrov, pracujúcich na princípe predikcie-korekcie. Vďaka vlastnostiam tohto filtra je možné „nahradiť“ tiež už spomenuté výpadky informácie v niektorých cykloch (otáčkach) spracovania. Na obrázku 3 je zobrazená dráha objektu po spracovaní vo filtri. Ako je z obrázku zrejmé, filtrovaná dráha nemá „hluché“ miesta a je možné tiež pozorovať niektoré ďalšie kvalitatívne zmeny (porovnaj z obrázkom 2).



Obrázok 2. Dráha objektu transformovaná do pravouhlých súradníc



Obrázok 3. Dráha objektu po spracovaní v Kalmanovom filtri

ZÁVER

Pre prácu s reálnymi rádiolokačnými dátami bolo zvolené programové prostredie MATLAB 5.3. Pre modelovanie spracovania bol použitý klasický *m*-súbor a príslušné štandardné MATLAB-ovské funkcie. Niektoré funkcie však bolo potrebné upraviť podľa konkrétnych požiadaviek. V tomto prípade sa opäť prejavila možnosť modifikovateľnosti pôvodných toolboxov. Klasický Kalmanov filter, implementovaný do systému spracovania rádiolokačných dát potvrdil svoje opodstatnenie pri samotnom spracovaní. Adekvátnym spôsobom po nenáročnej úprave zdrojového textu *m*-súboru je možné modelovať spracovanie rádiolokačnej informácie s použitím reálnych dát pomocou iných algoritmov a taktiež v reálnom čase.

LITERATÚRA

- [1] OCHODNICKÝ, J.: Sledovanie pohybu vzdušných cieľov v multiradarovej sieti. In.: Zborník z vojensko-odbornej konferencie PVO, 25. -26.2.1998, Liptovský Mikuláš, str. 92-99
- [2] MATLAB. Matlab Function Reference, Volume 1: Language, ver.5. MathWorks, 1998
- [3] MATLAB. Matlab Function Reference, Volume 2: Graphic, ver.5. MathWorks, 1998
- [4] OCHODNICKÝ, J.- TKÁČ, J.: Radar Target Tracking by Two-Dimensional Neural Kalman Filter. In: Applied Electronics 99 International Conference, Západočeská Univerzita, Plzeň, September 7-9, 1999, str. 121-124.