VREMENSKO-DIVERZITI RADARSKI SISTEMI

Rad tretira suštinu vremensko-diverziti metode radiolokacije, koja je danas u aplikacijama savremenih radarskih sistema, kao direktan odgovor na brz razvoj radarskih ciljeva, postala vrlo aktuelna. Kroz komparativni prikaz, sa klasičnim monostatičkim radarskim sistemima, istaknute su prednosti vremensko-diverziti radarskih sistema (povećana daljina otkrivanja, smanjenje efekata ometanja i tačnije određivanje ugaonih koordinata ciljeva). One se postižu na račun povećanog odnosa S/N, koji se dobija dodatnom unutarimpulsnom integracijom niza reflektovanih impulsa od ciljeva u osmatranom prostoru.

Pristup problemu

Radarski diverziti (prostorni, frekvencijski, vremenski i njihove kombinacije) jesu proizvod razvoja radiolokacije i direktan su uzrok, ili posledica, razvoja *radarskih ometača i radarskih ciljeva*.

Svoju osnovnu misiju — istovremeno ili sukcesivno otkrivanje, određivanje i prezentovanje koordinata svih ciljeva u osmatranom prostoru, radarski sistemi ostvaruju pretraživanjem prostora, koje, u osnovi, može biti *serijsko* ili *paralelno*. Pretraživanje prostora nije ništa drugo do premeštanje antenskog dijagrama po njemu. Potreba da antenski dijagram što brže pretražiti dati prostor, kako bi se dobio što veći broj informacija o ciljevima u jedinici vremena, jeste suprotna potrebi da cilj reflektuje bar minimalni broj impulsa (n_{imin}), čime se obezbeđuje potrebna verovatnoća otkrivanja ciljeva, a što, opet, zahteva sporo pretraživanje prostora.

Vremensko-diverziti radarski sistemi donekle mire ovako suprotne zahteve. Ali, pre nego što se upoznamo sa njihovom suštinom, razmotrimo uzroke njihovih nastanaka, tj. problema u radiolokaciji koji su uzrokovali njihovu pojavu.

Pojava *vrlo brzih ciljeva* (preko 2 Maha¹⁾), nametnula je zahtev pred radarske sisteme da se detektuju i što tačnije određuju njihove koordinata na što većim daljinama. Drugim rečima, da bi radiolokacija savremenih — vrlo brzih ciljeva, uopšte imala svrhe, radarski sistemi za osmatranje vazdušnog prostora moraju biti precizni i imati što veći domet.

Na prvi pogled, iz jednačine za domet klasičnog impulsnog radara [1, 2, 4, 5]:

$$R_{max} = \sqrt[4]{\frac{P_i \tau_i G_r^2 \sigma_c \lambda}{64 \pi^3 P_{rmin}}}, \quad (3.1)$$

uočavamo da se domet može povećati na sledeći način:

- povećanjem impulsa snage predajnika — P_i , što je ograničeno tehnološkim i ekonomskim mogućnostima;
- povećanjem trajanja predajnog impulsa — τ_i , od čega zavisi minimalni domet, odnosno rezolucija po daljini ($R_{min} = \Delta R = c\tau_i/2$). Dakle, povećanjem trajanja impulsa pogoršavaju se karakteristike radarskih sistema, što se može izbeći primenom tzv. *metoda vremenske kompresije radarskih signala*;

¹⁾ Jedinica za brzinu letilice 1 Mah ≈ 1.224 km/čas

- *povećanjem faktora pojačanja antene* — G , što zahteva antene velikih dimenzija. Kako su, međutim, dimenzije antena često ograničene, pribegava se izboru najvećih mogućih, uz smanjenje talasne dužine signala — λ ;
- *povećanjem osetljivosti prijemnika* — P_{pmin} , što zahteva ugradnju skupocenih VF pojačala sa malim koeficijentom šuma i velikim pojačanjem kao prvi stepen pojačanja u prijemnom traktu i usaglašeni pojasni propust.

Iz prethodne analize zaključujemo da su mogućnosti povećanja dometa radarskih sistema klasičnim metodama iscrpljene. Uz to, treba istaći da radarske površine savremenih ciljeva drastično padaju, pa utoliko problem povećanja dometa radarskih sistema postaje teži.

Da bi se *ugaone koordinate ciljeva* (β i ϵ) mogle odrediti što tačnije, potrebno je da antenski dijagram radarskih sistema budu što usmereniji. To se postiže antenskim sistemima velikih dimenzija ili, pak, velike složenosti, a što je za mobilne varijante teško ostvarivo. Tačnost određivanja ugaonih koordinata može se povećati i povećanjem brzine pretraživanja, što smanjuje verovatnoću otkrivanja ciljeva (smanjuje se broj reflektovanih impulsa od cilja — manji odnos S/N).

Kod impulsivnih sistema tačnost određivanja koordinata, pogotovu brzih ciljeva, zavisi i od frekvencije obnavljanja podataka. Podaci o brzim ciljevima sa niskom frekvencijom obnavljanja su neprecizni — sa velikim greškama. Frekvenciju obnavljanja podataka o ciljevima snižava i dijagram sekundarnog zračenja samog cilja, a i sam antenski dijagram usmerenosti, koji zbog uticaja refleksija od zemlje ima lepezastu strukturu.

Brzina pretraživanja prostora može se povećati, uz održanje približno istog

broja reflektovanih impulsa od ciljeva, povećanjem širine antenskog dijagrama ili povećanjem impulsne frekvencije — f_i . Međutim, povećanje širine antenskog dijagrama smanjuje tačnost određivanja koordinata ciljeva, dok povećanje impulsne frekvencije skraćuje prijemnu periodu, odnosno domet radara ($f_i < c/2R_{max}$), što je neprihvatljivo.

Prethodna analiza pokazuje da razvoj savremenih (brzih) ciljeva pred projektante radarskih sistema ističu sledeće primarne zahteve:

- *ostvarivanje velike verovatnoće detekcije ciljeva i na što većim daljinama*, što zahteva sporo pretraživanje prostora, i
- *ostvarivanje visoke frekvencije obnavljanja informacija o ciljevima*, radi što tačnijeg određivanja njihovih koordinata, a što zahteva brzo pretraživanje prostora.

Ovakve suprotne zahteve o brzini pretraživanja prostora uspešno je rešila vremensko-diverziti metoda radiolokacije. No, kako se njeni dobici ostvaruju zahvaljujući integraciji prijemnih impulsa, prvo ćemo razmotriti kako se i zbog čega vrši integracija?

Integracija prijemnog impulsnog signala

Zavisno od širine antenskog dijagrama, za vreme osvetljavanja cilja (t_{osv}) od njega se reflektuje i stiže na prijemnu antenu niz impulsa (slika 1). Obvojnica impulsa može se aproksimirati Gaussovom krivom (slika 1.b).

Obrada prijemnih impulsa svodi se na različite oblike »slaganja« i naziva se *integracijom*. Kod integracije se postupak otkrivanja zasniva na zajedničkom delovanju grupe impulsa. Broj impulsa je jednak broju reflektovanih im-

Sl. 1 — Formiranje kolone prijemnih impulsa [4]

pulsa od cilja za vreme njegovog jednokratnog »osvetljavanja« (t_{osv}) i za tačkasti cilj iznosi [4,5]:

$$n_i = \frac{\Delta\beta \cdot f_i}{6 \cdot n_a}, \quad (3.2)$$

gde je: n_i — broj impulsa po cilju; f_i — impulsna frekvencija; $\Delta\beta$ — širina antenskog snopa na pola snage, i n_a — broj obrtaja antene u minutu.

Integracijom impulsa reflektovanih od cilja poboljšava se odnos S/N, jer se signali sabiraju algebarski ili skoro tako, dok se signali šuma, zbog slučajnog karaktera, sabiraju statistički.

Pri obradi signala u MF delu prijemnika vrši se tzv. *koherentna integracija*, što zahteva sačuvanje faznog odnosa prijemnog signala. Zbir n impulsa jednakih amplituda biće n -struki, dok će zbir n uzoraka šumnog signala imati $\sqrt{n}$ puta veću standardnu devijaciju od standardne devijacije jednog od uzoraka pre integracije. Snaga signala će posle integracije biti n^2 puta veća, a snaga šuma samo n puta. Dakle, uz pretpostavku da su svi reflektovani impulsi od cilja jednakih amplituda, dobija se odnos S/N:

$$(S/N)_n = n(S/N)_1, \quad (3.3)$$

gde je: $(S/N)_n$ — odnos S/N posle koherentne integracije; $(S/N)_1$ — odnos S/N jednog impulsa.

Integracija se može vršiti i iza detektora, na video frekvenciji. Tada se gubi informacija o fazi i to je tzv. *nekoherentna* ili *videointegracija*. Naravno, ona je i manje efektivna, pa je faktor poboljšanja:

$$a_n = n^\epsilon = \frac{(S/N)_n}{(S/N)_1}. \quad (3.4)$$

Tipična vrednost faktora poboljšanja [7] $\epsilon \approx 0.8$, a granice su 0.7 i 0.9. Za veće verovatnoće lažne uzbune ϵ je bliži donjoj, a za manje gornjoj granici. Za veći broj impulsa faktor poboljšanja teži asimptotskoj vrednosti kada je $a_n = \sqrt{n}$.

Kao integrator na videofrekvenciji može da posluži *linija za kašnjenje* (slika 2), koja ima osobinu da zadržava

Sl. 2 — Analogni integrator izveden sa linijom za kašnjenje

prijemne impulse za određeno vreme, i na taj način vrši akumulaciju njihove energije. Istu osobinu ima i fosfor na ekranu katodne cevi radarskog pokazivača (*perzistencija katodne cevi*), kao i ljudsko oko, ako se radarski signali prikazuju i primaju vizuelno.

Primena videointegratora ima tri bitne prednosti. *Prva* je u povećanju verovatnoće otkrivanja. *Druga* je u potiskivanju slučajnih i nekih vrsta namernih smetnji, kada se ispred njega stavi amplitudni ograničavač, kao na slici 3.

Sl. 3 — Blok-shema radarskog prijemnika sa videointegratorom

Kod integracije pomoću linije za kašnjenje ukupno vreme kašnjenja jednako je vremenu integracije, a izvodi odgovaraju razmaku između dva impulsa — T_i . Broj izvoda u tom slučaju jednak je broju impulsa koji se sumiraju.

Amplitudni ograničavač dopušta na izlazu maksimalnu dinamiku signala od 10 dB, čime se postiže da jedan jak impuls smetnje ne daje velike efekte na izlazu, a istovremeno se integrator štiti od jakih ulaznih signala, koji ga preop-

Sl. 4 — Uporedni grafikoni različitih metoda-tehnika integracije za $D=0.9$ i $F=10^{-10}$ [7]

terećuju kada pređu njegov dinamički opseg. Treća prednost je u tome što se povećava mogućnost prikazivanja signala reflektovanih od ciljeva na PPI pokazivačima sa ograničenom dinamikom.

Integracija na videofrekvenciji može se vršiti digitalno, uz prethodnu digitalizaciju video signala.

Na slici 4 dati su uporedni grafikon osnovnih metoda — tehnika integracije, kao i veza između broja integriranih impulsa i odnosa S/N , pre obrade, da bi se posle integracije postigla jednaka verovatnoća detekcije cilja i lažne uzbune. Poređenje je dato za slučaj fluktuirajućih signala i slučaj smetnji kod koje nema korelacije od impulsa do impulsa.

Najefektnija metoda integracije je koherentna i njoj pripadajuća kriva (linearna integracija $a_n = n$) jeste granica koja se uopšte može postići, a obrada signala, kao što je poznato, vrši se u MF delu prijemnika.

Druga kriva je optimalne videointegracije. Vidi se da razlika u potrebnom odnosu S/N uz isti broj integriranih impulsa raste s brojem impulsa i to na štetu videointegracije.

Optimalni korelaciono-digitalni detektor, s optimalno podešenim digitalnim pragom ima krivu koja je skoro paralelna krivoj videointegracije.

Na slici je prikazana i kriva vizuelne integracije (faktor poboljšanja $a_n = \sqrt{n}$) pomoću katodne cevi. Ova metoda integracije je najneefektivnija

Korelaciono-digitalni detektori sa konstantnom vrednošću praga $k = n$, za male odnose S/N , imaju malu efektivnost. Između njima pripadajuće krive i krive optimalno-korelacionog digitalnog detektora nalaze se sve krive za $K_{op} \leq K \leq n$. Delovanje smetnji uzrokuje povišenje digitalnog praga, što dovodi do smanjene efektivnosti korelacionog digitalnog detektora, ali je za $n \leq 20$ još uvek bolji od vizuelnog integratora ili, makar, jednak njemu.

Opšte o vremensko-diverziti radarskim sistemima

Pod *vremensko-diverziti radiolokacijom* podrazumevamo radarsku metodu otkrivanja i određivanja koordinata objekata u prostoru, ne pomoću jednog predajnog impulsa u vremenskoj periodi T_i kao kod klasičnog impulsnog radara, već pomoću dva ili više impulsa unutar nje (slika 5). Niz od m predajnih impulsa, gde je $m \leq 2$, vremenski pomaknutih za par τ_i (τ_i — širina impulsa), upućuju se u prostor, pa kao takvi, reflektovani od ciljeva, dolaze u prijemnik. Broj impulsa u nizu ograničen je maksimalnim dometom radara, odnosno impulsnom frekvencijom. Poslednji impuls reflektovan od cilja na maksimalnom dometu, biće od koristi samo ako stigne u prijemnik unutar perioda T_i , odnosno pre njegovog zatvaranja.

Sl. 5 — Predajni signal vremensko-diverziti radarskih sistema

Vremensko-diverziti radarski sistemi na račun m predajnih impulsa, u vremenskoj periodi, T_i , za razliku od klasičnih impulsnih radarskih sistema, imaju znatne dobitke u: dometu, verovatnoći otkrivanja ciljeva i tačnosti određivanje ugaoih koordinata.

• *Povećanje dometa* ostvaruje se na račun integracije prijemnih impulsa. U prethodnom poglavlju opisali smo princip integracije signala unutar ciklusa pretraživanja i pokazali kako se na račun toga, zavisno od broja reflektovanih impulsa, znatno povećava odnos S/N . Međutim, kod vremensko-diverziti radarskih sistema imamo i dopunsku integraciju — integraciju impulsa reflektovanih od cilja unutar impulsne periode T_i , odakle i naziv *unutarimpulsna*

integracija. Analogni integrator sa slike 2 se u tom slučaju dodatno »komplikuje« utoliko što svaki izvod dobija po dodatni integrator za obavljanje unutar-impulsne integracije (slika 6). Efekt ove integracije je povećanje odnosa S/N za m puta.

• *Povećanje verovatnoće otkrivanja ciljeva kod vremensko-diverziti radarskih sistema* zasnovano je na povećanju odnosa S/N. Ako predajnik vremensko-diverziti radarskog sistema generiše m predajnih impulsa unutar T_i , na račun toga se u prijemniku dobije m puta ve-

Sl. 6 — Analogni integrator vremensko-diverziti radarskih sistema

Isti efekt bi se postigao i povećanjem impulsnog snage predajnika za m puta. No, kako je to povećanje ograničeno ekonomski i tehnološki, to je povećanje dometa primenom vremensko-diverziti metode radiolokacije daleko jednostavnije i ekonomičnije.

Ukoliko su sve ostale karakteristike ostale neizmenjene, prema jednačini 3.1 može se odrediti iznos povećanje dometa na račun ove metode:

$$\Delta R = R_{\max} (\sqrt[m]{m} - 1), \quad (3.5)$$

gde je $R_{\max}$ — maksimalni domet klasičnog impulsnog rada, i m — broj vremensko-diverziti predajnih impulsa.

Dakle, povećanje dometa proporcionalno je $\sqrt[m]{m}$, pa tako npr. za $m=5$ povećanje dometa iznosi 1,495 puta ili 49,5%.

ći odnos S/N, odakle je povećanje verovatnoće otkrivanja ciljeva jednako razlici:

$$\Delta D = D_{vd} - D, \quad (3.6)$$

gde je D_{vd} — verovatnoća otkrivanja ciljeva vremensko-diverziti radarskih sistema, za odnos $m(S/N)$, a D — verovatnoća otkrivanja ciljeva odgovarajućeg klasičnog impulsnog radara, za odnos S/N.

• *Tačnije određivanje ugaonih koordinata kod vremensko-diverziti radarskih sistema* takođe se zasniva na povećanju odnosa S/N. Zadržavanjem istog odnosa S/N, odnosno iste verovatnoće otkrivanja ciljeva, vremensko-diverziti metoda radiolokacije, u poređenju sa klasičnim impulsnim radarima, omogućava povećanje brzine pretraživanja prostora. Mera smanjenja vremena osvetljenosti ciljeva ($\Delta t = t_{osv} - t'_{osv}$), što

ilustruju i Gaussove krive na slici 7b, direktno je proporcionalna smanjenju neodređenosti ugaonih koordinata. Naravno, mera smanjenja neodređenosti ugaonih koordinata nije ništa drugo do mera povećanja tačnosti određivanja ugaonih koordinata.

Iz radarske jednačine (3.1) za slobodni prostor, dobijamo izraz za prijemni signal:

$$P_{\text{prij}} = \frac{P_i \tau_i G_r^2 \lambda^2 \sigma_c}{(4\pi)^3 R^4} \quad (3.8)$$

Sl. 7 — Određivanje ugaonih koordinata cilja:
a) prostorni odnos; b) niz prijemnih impulsa reflektovanih od cilja

PEZ vremensko-diverziti radarskih sistema

Veća zaštita od ometanja vremensko-diverziti radarskih sistema u odnosu na klasične radarske sisteme zasniva se na povoljnijem *energetskom bilansu*.

Kako osetljivost klasičnog radar-skog sistema zavisi od koeficijenta šuma prijemnika, to minimalni signal ometanja mora iznositi:

$$P_{\text{om}} = \gamma \cdot P_{\text{prij}} \quad (3.7)$$

gde je γ — koeficijent ometanja; P_{prij} — prijemni signal reflektovan od cilja, i P_{om} — signal ometača na mestu prijemnika.

Kako se vremensko-diverziti metodom radiolokacije praktično na mestu prijemnika dobija onoliko puta jači prijemni signal koliko ima impulsa unutar perioda T_i , nameće se zaključak da je, ostale iste uslove, ometaču, za postizanje istog efekta, potrebna isto toliko puta veća snaga.

Ometački signal u radarskom prijemniku, u slučaju kada se ometač nalazi u blizini cilja, dobijamo iz jednačine za prostiranje elektromagnetskih talasa u slobodnom prostoru [10]:

$$P_{\text{prij.o}} = \frac{P_o G_r G_o \lambda^2}{(4\pi R)^2} \cdot \frac{B_r}{B_o} \cdot \eta_1 \eta_2 \quad (3.9)$$

gde je: P_o — predajna snaga ometača koja odgovara propusnom opsegu (W/Hz); G_r — pojačanje antene radara; G_o — pojačanje antene ometača; R — udaljenost ometača (m); B_r — širina propusnog opsega radara (Hz); B_o — širina frekvencijskog spektra ometača; η_1 — faktor nepoklapanja antenskih dijagrama (0÷1).

Upoređivanjem jednačina 3.8 i 3.9 možemo zaključiti sledeće:

— snaga prijemnog signala od cilja raste smanjenjem udaljenosti sa četvrtim stepenom udaljenosti $1/R^4$;

— snaga prijemnog signala ometača pada sa drugim stepenom udalje-

nosti $1/R^2$, pa zbog toga, povećanjem udaljenosti, potrebna snaga za efikasno ometanje pada.

Ako se ometač sa konstantnom izlaznom snagom nalazi na cilju, onda je, na određenoj udaljenosti od radarskog sistema, signal reflektovan od cilja jednak signalu ometača. Približavanjem cilja, prijemni signal reflektovan od njega postaje jači od ometačkog, pa ometanje postaje neefikasno.

Izjednačavanjem jednačina 3.8 i 3.9, odnosno kada je $P_{\text{pri}} = P_{\text{pri},o}$, dobijamo:

$$\frac{P_i \tau_i G_r^2 \lambda^2 \sigma_c}{(4\pi)^3 R^4} = \frac{P_o G_r G_o \lambda^2}{(4\pi)^2 R^2} \cdot \frac{B_r}{B_o} \cdot \eta_1 \eta_2, \quad (3.10)$$

odakle dolazimo do izraza za tzv. *samozaštitnu daljinu* radarskog sistema

• U slučaju kada se ometač nalazi na cilju ($R_r = R_o$), ona iznosi:

$$R_{sz,1} = \sqrt{\frac{P_i \tau_i G_r B_o \sigma_c}{4\pi P_o G_o B_r \eta_1 \eta_2}}. \quad (3.11)$$

• U slučaju ako se ometač ne nalazi na cilju, već vrši ometanje iz neke zone, kada je dakle $R_r \neq R_o$, ona iznosi:

$$R_{sz,2} = \sqrt[4]{\frac{P_i \tau_i G_r R_o^2 B_o \sigma_c}{4\pi P_o G_o B_r \eta_1 \eta_2}}. \quad (3.12)$$

Proračunom za konkretan radarski sistem, ometač i cilj pomoću jednačina 3.8 i 3.9 može se konstruisati dijagram raspodele snage na pravcu radarski sistem — ometač (cilj), kao što je to ilustrovano na slici 8. Mesto preseka krivih, gde je zapravo $P_{\text{pri}} = P_{\text{pri},o}$, zovemo *ravnosignalnom tačkom*. U području levo od nje, gde je $P_{\text{pri}} > P_{\text{pri},o}$, ometanje nema efekta, dok je u području desno od nje, $P_{\text{pri}} < P_{\text{pri},o}$, i u njemu je ometanje efikasno.

Na slici 8 dati su uporedni dijagrami raspodele snaga na pravcu radarski sistem — ometač (cilj) za klasični impulsni radarski sistem (puna linija) i vremensko-diverziti radarski sistem (isprekidana linija). Sa slike se vidi da je samozaštitna daljina vremensko-diverziti radarskog sistema veća, tj. veća je zona u kojoj je ometanje neefikasno. Koliko je ta zona veća zavisi od slučaja do slučaja, što se može odrediti pomoću izraza 3.11 ili 3.12.

Sl. 8 — Samozaštitna daljina klasičnog impulsnog ($R_{sz,k}$) i vremensko-diverziti radarskog sistema ($R_{sz,vd}$)

Zaključak

Potreba za otkrivanjem savremenih ciljeva, koji svakim danom postaju sve brži, a njihova radarska površina sve manja, na što većoj udaljenosti, kao i potreba za ispunjenjem misije radara u uslovima delovanja savremenih ometača, utiču na uvođenje kvalitativno novih radarskih sistema i metoda radiolokacije.

Vremensko-diverziti radarski sistemi, koji, iako poznati otkad i klasični — monostatički radari, tek danas, zahvaljujući naglom razvoju ometača, dostižu svoju punu afirmaciju.

U radu je pokazano da vremensko-diverziti radarski sistemi, iako složeniji i skuplji od klasičnih radarskih sistema, jer imaju znatno komplikovanije predajne i prijemne podsisteme, zbog niza prednosti opravdano imaju sve veću primenu. Analizom je pokazano da vremensko-diverziti radarski sistemi, u odnosu na adekvatne klasične radarske sisteme, imaju: *veći domet, veću verovatnoću pravilnog otkrivanja ciljeva, manju osetljivost na smetnje i veću tačnost u određivanju koordinata ciljeva.* Sve ove prednosti zasnivaju se na većem odnosu S/N, odnosno većem energetsom potencijalu, a što se postiže unutarimpulsnom integracijom prijemnih signala.

Literatura:

- [1] Skolnik, M. I.: RADAR HANDBOOK, McGraw-Hill Co., Inc., NewYork, 1970.
- [2] Barton, K. B.: RADAR SYSTEM ANALYSIS, Prentice-Hill, Inc. 1967.
- [3] Barton, K. B. & Ward, R. H.: HANDBOOK OF RADAR MEASUREMENT, Prentice Hill, Inc. 1969.
- [4] Berkovitz, S. R.: MODERN RADAR, ANALYSIS, EVALUTION AND SYSTEM DESING, John Wiley & Sons, Inc. 1965.
- [5] Hovanssian, A. S.: RADAR DETECTION AND TRACKING SYSTEMS, Artech House, Inc. 1982.
- [6] Bogdanović, M.: OSNOVE RADARSKE TEORIJE, CVTŠ KoV JNA, »General armije Ivan Gošnjak«, Zagreb, 1989.
- [7] Zentner, E.: RADIOKOMUNIKACIJA, »Školska knjiga«, Zagreb, 1980.
- [8] Milanović, R. D.: RADIOLOKACIJA — Radarski ciljevi i domet radara, »Naučna knjiga«, Beograd, 1976.
- [9] Razingar, A.: PEZ RADARSKIH UREĐAJA (Lekcije — Poslediplomski studij PEO), TVA KoV JNA, Zagreb, 1980.
- [10] Razingar, A.: RADARSKI OMETACI (Lekcije — Poslediplomski studij PEO) TVA KoV JNA, Zagreb, 1980.
- [11] Đorović, M.: RADARSKI DIVERZITI (Seminarski rad — Poslediplomski studij — Specijalizacija RRT), TVA KoV JNA, Zagreb, 1981.
- [12] Đorović, M.: PROSTORNO-DIVERZITI RADARSKI SISTEMI, »Vojnotehnički glasnik«, Beograd, 3/1993.
- [13] Đorović, M.: FREKVENCIJSKO-DIVERZITI RADARSKI SISTEMI, »Vojnotehnički glasnik«, Beograd, 4/1993.