

**Profesor**  
**dr Momčilo Milinović,**  
dipl. inž.  
Mašinski fakultet,  
Beograd  
**Dr Nenad Dodić,**  
dipl. inž.  
Vojnotehnički institut VJ,  
Beograd

## **RAZMATRANJE STRUKTURE AUTOMATSKIH NIŠANSKIH UREĐAJA U PVO I PROBLEMA NIŠANJENJA**

UDC: 623.4.054.93

### *Rezime:*

*Ubrzani razvoj vazduhoplovne tehnike i osavremenjavanje taktike napada iz vazdušnog prostora nametnuli su potrebu za sve većom automatizacijom postupaka nišanjenja u PVO. U ovom radu razmatrani su zadatak, struktura i način rada automatskih nišanskih uređaja, problemi detekcije i merenja položaja cilja, a naročito uticaj prirode elektromagnetnog zračenja na mogućnost detekcije cilja. Date su i glavne karakteristike savremenih nišanskih senzora.*

*Ključne reči: automatski nišanski uređaji, protivvazдушna odbrana, senzori, TV kamera, termovizija, nišanski radar, laserski daljinomer.*

---

## **ANALYSIS OF THE DEVICE STRUCTURE AUTOMATIC SIGHTING DEVICES IN AIR DEFENSE AND SIGHTING PROBLEM**

### *Summary:*

*Growing development of airborne techniques and modernization of ground attack tactics imposed the necessity of higher automating of aiming procedures in air defense. In this paper the task, structure and working principle of automatic sighting devices are discussed. The problems of target detection and measuring of its position are also discussed, especially the impact of the nature of the electromagnetic radiation on the ability of target detection. Major properties of contemporary sighting sensors are given too.*

*Key words: automatic sighting devices, air defense, sensors, TV camera, thermovision, tracking radar, lasers rangefinder.*

---

### **Uvod**

Nišanjenje predstavlja jednu od najodgovornijih i najdelikatnijih aktivnosti u lancu aktivnosti koje prethode otvaranju vatre na cilj. Nišanjenje obezbeđuje da se oruđe pravilno usmerava ka cilju i da se, u slučaju oruđa sa vođenim projektilima, projektil pravilno vodi ka cilju. Savremeni razvoj vazduhoplovne tehnike

se kreće i ka povećanju brzine i manevarskih sposobnosti borbenih letelica, što nameće potrebu da se uređaji i postupci za nišanjenje stalno usavršavaju.

Jedan od najvećih problema u vojnoj tehnici predstavlja nišanjenje niskoletućih brzomanevrišućih ciljeva. Manuelno nišanjenje ovakvih ciljeva, pri kojem čovek ima stalnu i aktivnu ulogu, vremenom je postalo neadekvatno, pretežno zbog tri

razloga: prvo, od operatora zahteva veliku uvežbanost i psihofizičku spremnost, drugo, teško obezbeđuje kontinualan priliv objektivnih informacija o kretanju cilja i, treće, kvalitet i tačnost informacija o cilju koje se dobijaju manuelnim nišanjem ne obezbeđuje dovoljno tačno predviđanje budućeg položaja cilja i veliku verovatnoću pogađanja cilja malim brojem projektila, što je presudno u savremenim uslovima ratovanja, jer se brzi ciljevi kratko zadržavaju u zoni dejstva protivvazdušne odbrane (PVO).

Automatsko nišanje je proces koji se odvija bez neposrednog učešća čoveka. Uređaj koji integriše sve komponente potrebne za realizaciju automatskog nišanja naziva se automatski nišanski uređaj. Obilje različitih novih i modernizovanih nišanskih uređaja, koji se nude za osavremenjavanje postojećih sistema PVO, pokazuje da su konvencionalna sredstva za nišanje i upravljanje vatrom, u celini, postala neprimerena savremenoj tehnici i taktici vazduhoplovnih napada velikih sila, i da značajnu pažnju treba posvetiti proučavanju i daljem razvoju nišanske tehnike.

Da bi nišanski uređaji odgovorili potrebama savremene PVO, oni treba da:

- poseduju senzore za detekciju (učavanje, registrovanje) cilja na daljinama znatno većim od efikasnog dometa oruđa kojima su namenjeni;
- svojim sensorima detektuju cilj danju i noću, po mogućnosti i u nepovoljnim atmosferskim uslovima;
- svojim kretanjem omoguće praćenje brzih niskoletućih ciljeva,
- funkciju nišanja obavljaju automatski.

Nišanski uređaji koji ispunjavaju postavljene uslove obrađeni su u ovom radu.

Mogućnost da se njihovom primenom osavremene postojeći sistemi PVO, prilagode tehnici i taktici vazduhoplovnih napada savremenih armija i time postanu višestruko efikasniji, daje im izuzetan značaj.

### **Zadatak automatskog nišanskog uređaja**

Automatski nišanski uređaj je sredstvo koje bez neposrednog učešća čoveka obezbeđuje informacije o cilju, neophodne za njegovo gađanje korišćenjem određenog oruđa. Kada je reč o PVO, to oruđe može biti protivavionski (PA) top ili sistem raketa zemlja-vazduh. Za efikasno dejstvo PA topom potrebno je oceniti (izračunati) parametre kretanja cilja i odrediti tačku susreta projektila i cilja [1, 2]. Ocene parametara kretanja cilja potrebne su i za sofisticirano vođenje raketa zemlja-vazduh.

Automatski nišanski uređaj je deo sistema za upravljanje vatrom (SUV) oruđa i omogućuje automatsko postavljanje oruđa u pravac gađanja (lansiranja), odnosno u pravac koji obezbeđuje susret projektila i cilja sa zadovoljavajućom verovatnoćom. Zadatak automatskog nišanskog uređaja jeste:

- detekcija cilja,
- merenje položaja cilja,
- praćenje cilja rotacijom nišanske linije ka cilju,
- ocenjivanje svih parametara kretanja cilja neophodnih za uspešno dejstvo.

Navedene aktivnosti, koje se obavljaju bez neposrednog učešća čoveka, čine integralni zadatak automatskog nišanja i međusobno su tesno povezane. Položaj cilja se ne može meriti ako se cilj ne detektuje. Nišanska linija se ne može automatski usmeravati ka cilju ako nije

izmeren relativni položaj nišanske linije u odnosu na cilj. Parametri kretanja cilja određuju se na osnovu uzastopnih merenja njegovog položaja. Cilj se ne može detektovati ako nišanska linija nije dovoljno tačno usmerena ka cilju i cilj nije u vidnom polju senzora. Ocene parametara kretanja cilja mogu da se koriste radi poboljšanja procesa usmeravanja nišanske linije [3].

Kada se automatski nišanski uređaj koristi u sistemu za vođenje rakete, može mu se postaviti zadatak da, umesto cilja, meri i prati projektil lansiran ka cilju ili još složeniji zadatak da istovremeno meri i prati i cilj i projektil. Iako se ovi zadaci po obimu i karakteristikama razlikuju od zadatka nišanjenja na cilj, procesi njihovog izvršavanja su principijelno slični, pa će biti razmatrano samo nišanjenje na cilj.

### **Struktura i način rada automatskog nišanskog uređaja**

Da bi nišanski uređaj, kao sistem, mogao da ostvari svoj zadatak, mora da poseduje određene podsisteme i komponente, koji su međusobno povezani u jedinstvenu strukturu. Struktura automatskog nišanskog uređaja može se podeliti na sledeće podsisteme:

- podsistem senzora sa nosačem (kućištem) i pogonom,
- elektronski podsistemi,
- računarski podsistem,
- komandno-upravljački podsistem.

Ova podela je uslovna. Jasno je da se komponente nišanskog uređaja mogu podeliti i na druge načine. Tako se pogoni (motori s reduktorima) i njihove elektronske jedinice mogu svrstati u zasebne podsisteme – servomehanizme (servosisteme).

Senzori za detekciju cilja su ključni senzori nišanskog uređaja. Pored toga što daju informaciju o postojanju cilja, oni omogućavaju određivanje relativnog uglovnog položaja cilja u odnosu na nišansku (senzorsku) osu. Dodatni senzori mere uglovni položaj nišanske ose u odnosu na referentni koordinatni sistem. Pored uglovnog položaja senzori mere i daljinu do cilja. Ako se oslonac (osnova) nišanskog uređaja u toku njegovog rada kreće, potrebno je meriti i to kretanje. Zato se koriste posebni senzori ili navigacioni sistem vozila na kojem se uređaj nalazi.

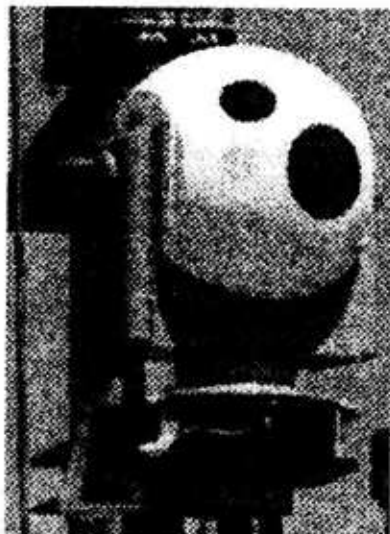
Senzori za detekciju cilja imaju ograničena vidna polja – raspone uglova pod kojima senzori „vide“ cilj, odnosno u stanju su da ga detektuju. S obzirom na to da se nišanjenje obavlja automatski, zadatak servomehanizama je da korišćenjem motora, preko prenosnih mehanizama ili direktno, rotiraju senzore ili samu nišansku osu (skretanjem zraka pomoću ogledala ili prizmi). Senzori sa pogonom mogu biti smešteni u posebno kućište koje štiti komponente od spoljnih uticaja.

O preciznosti rotacije nišanske ose i napajanju motora energijom brinu posebni elektronski podsistemi – servoelektronika. Tu su i podsistemi za napajanje senzora energijom, kontrolu njihovog rada, filtriranje senzorskih signala i povezivanje senzora i servomehanizama sa računarnom.

Računar je „mozak“ nišanskog uređaja i obavlja mnoštvo funkcija. On obrađuje filtrirane signale senzora, detektuje cilj i meri njegov položaj. Na osnovu toga upravlja servomehanizmima, kako bi što tačnije usmerili nišansku liniju ka cilju, ocenjuje parametre kretanja cilja i prosleđuje ih podsistemu SUV zaduženom za

proračun tačke susreta projektila i cilja i upravljanje oruđem i projektilom. Pored toga, računar rukovodi radom senzora i komunicira sa drugim sistemima i podsistemima. To su: uređaji za navođenje, pretpostavljena komanda, a pre svega komandno-upravljački podsistem.

Komandno-upravljački podsistem predstavlja terminal računarskog podsistema. On sadrži jedan ili više monitora za prikaz informacija relevantnih za rad nišanskog uređaja i praćenje cilja, uključujući i vizuelan prikaz cilja, ako korišćeni senzori to omogućuju. Takođe, sadrži komandnu tablu preko koje operator (nišandžija) ostvaruje različite funkcije vezane za nišanje, odnosno praćenje cilja: uključivanje i isključivanje pojedinih podsistema, izbor režima rada senzora, praćenje podataka koji se prikazuju, itd. Preko komandne table nišandžija može da otvara vatru topovima ili da lansira rakete. Na slikama 1 i 2 prikazani su podsistem senzora sa pogonima smeštenim u kuglasto kućište i komandno-



Sl. 1 – Senzorski podsistem automatskog nišanskog uređaja MSIS izraelske firme ELOP



Sl. 2 – Komandna tabla sa upravljačkom palicom i monitorom nišanskog uređaja MSIS

-upravljačka tabla jednog savremenog automatskog nišanskog uređaja.

Da bi automatsko nišanje otpočelo, nišanska linija mora da bude tako usmerena ka cilju da se on nalazi u vidnom polju senzora. Zbog toga se nišanski uređaj, preko odgovarajućih komunikacionih modula računarskog podsistema, povezuje sa uređajima za navođenje. To mogu biti osmatrački (akvizicioni) radar i optički indikator cilja. Oni nišanskom uređaju daju informaciju o pravcu na kojem se cilj nalazi. Zahvat cilja operator može da obavi i ručno, korišćenjem komandne palice.

Sekvenca događaja koji čine proces nišanja nakon zahvata cilja, po pravilu je sledeća:

- obradom signala osnovnih senzora detektuje se (uočava) cilj i mere uglovna odstupanja nišanske ose od cilja – po azimutu i elevaciji;
- uglovi nišanske ose mere se obradom signala senzora uglova, koji se sabiraju sa uglovnim odstupanjima nišanske

linije i dobijaju uglovi azimuta i elevacije cilja. Pri merenju uglova nišanske ose koriste se i uglovi rotacije vozila, ukoliko se uređaj nalazi na vozilu;

- obradom signala senzora meri se daljina do cilja;

- po potrebi se računaju pravougle koordinate cilja, na osnovu izmerenih sfernih koordinata (uglova i daljine) cilja. Ako se vozilo sa nišanskim uređajem kreće, onda se izračunata koordinate dodaju koordinatama vozila u inercijalnom koordinatnom sistemu, i tako dobijaju (mere) konačne koordinate cilja;

- na osnovu izmerenih koordinata ocenjuju se ostali parametri kretanja cilja (npr. vektori brzine i ubrzanja) i prosleđuju sistemu za upravljanje vatrom;

- na osnovu izmerenih odstupanja nišanske ose od cilja i ocenjenih parametara kretanja cilja, generišu se upravljački signali za servomehanizme, koji rotiraju nišansku liniju tako da što manje odstupa od cilja.

Data sekvenca događaja ponavlja se u kratkim vremenskim razmacima, čije je trajanje određeno brzinom kojom primarni senzori mogu da detektuju cilj. Navedeni postupak obezbeđuje u realnom vremenu kompletnu informaciju o cilju za potrebe gađanja PA topom ili vođenja raketnih projektila. Pojedina rešenja vođenja rakete mogu zahtevati manje podataka o cilju. Minimalna informacija o cilju može da sadrži samo uglove cilja ili uglovna odstupanja linije nišanski uređaj - cilj od linije nišanski uređaj - projektil, što pojednostavljuje opisani proces nišanjenja.

### **Problemi detekcije i merenja položaja cilja**

Fizički nosilac informacije o cilju je elektromagnetsko zračenje koje dolazi

od cilja. Izvor zračenja može biti sam cilj ili da cilj reflektuje zračenje koje potiče od nekog nebeskog tela (Sunce, Mesec, zvezde) ili senzorskog predajnika. Sve talasne dužine elektromagnetskog zračenja nisu podjednako pogodne za prikupljanje informacija o cilju. Razlozi su:

- spektar talasnih dužina sopstvenog zračenja svakog tela je ograničen;

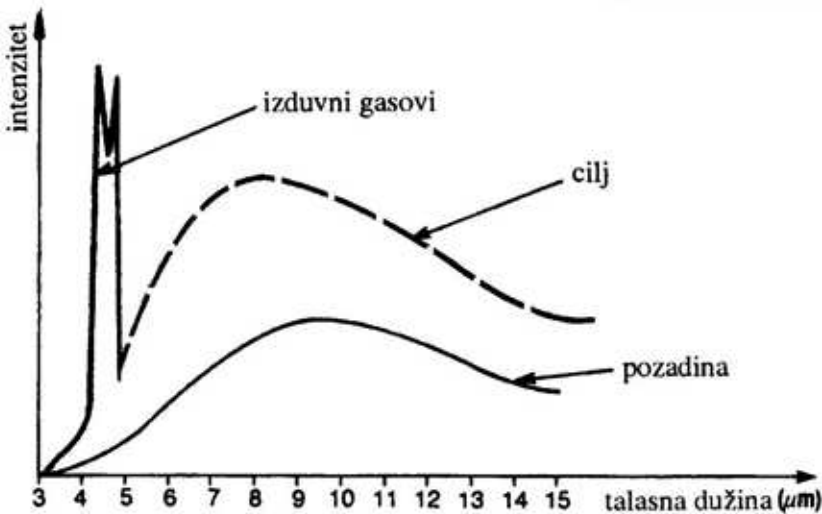
- deo energije elektromagnetskog zračenja koja dolazi od cilja gubi se kroz atmosferu - ovi gubici su različiti za različite talasne dužine zračenja;

- da li će se elektromagnetsko zračenje koje emituje nebesko telo ili veštački predajnik odbiti od cilja i u kojoj meri, zavisi od odnosa talasne dužine zračenja i veličine cilja, kao i od fizičkih karakteristika cilja;

- cena senzora za detekciju zračenja u velikoj meri zavisi od talasne dužine zračenja.

Od izbora talasnog opsega elektromagnetskih talasa bitno zavisi efikasnost detekcije cilja i merenje njegovog položaja, pa će ovaj problem detaljnije biti razmotren.

Potencijalni ciljevi najviše zrače u infracrvenom području (talasne dužine od 0,76 do 760  $\mu\text{m}$ ). Slika 3 prikazuje spektre zračenja niskoletne rakete i pozadine (neba). Najveći intenzitet zračenja imaju izduvni gasovi motora (raketnog, mlaznog) i to u opsegu talasnih dužina od 4 do 5  $\mu\text{m}$  [4]. Telo letelice najviše zrači u opsegu od 6 do 13  $\mu\text{m}$ . U navedenim delovima spektra postoji značajan toplotni kontrast između cilja i pozadine. Jedino izduvni gasovi zrače u vidljivom delu spektra (od 0,36 do 0,76  $\mu\text{m}$ ) i to u maloj oblasti na samom izlazu iz motora, tako da je ovo zračenje uočljivo uglavnom kada se cilj udaljava od nišanskog uređaja. Zračenje ciljeva u radio-opsegu (od



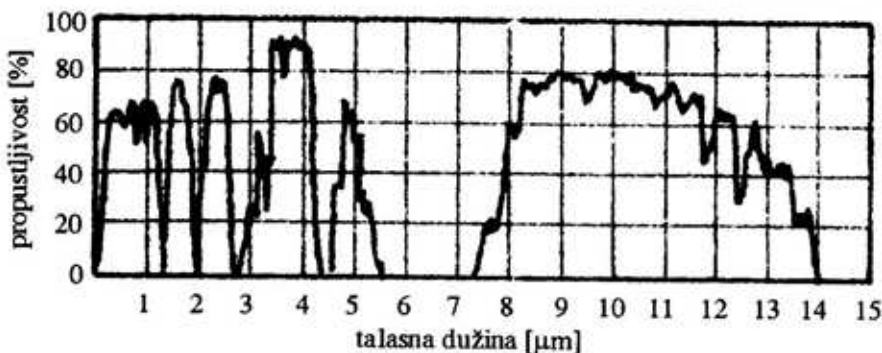
Sl. 3 – Spektri zračenja rakete i pozadine.

0,1 m do 100 km) zanemarljivo je, osim u kratkim periodima kada šalju radio-poruke ili radarom ozračuju nišanski uređaj. Što se prirodnih izvora zračenja tiče, senzori nišanskih uređaja koriste jedino vidljivu svetlost nebeskih tela koju reflektuje cilj.

Gubici zračenja kroz atmosferu potiču od čestica u vazduhu koje upijaju, skreću i odbijaju elektromagnetne zrake. Veličina gubitaka zavisi od talasne dužine zračenja, kao i veličine i prirode čestica prisutnih u atmosferi. Suva i čista atmos-

fera odlično propušta sve radio-talase i dobro propušta vidljivu svetlost, kao i pojedine delove infracrvenog spektra zračenja (slika 4) [5]. To su delovi spektra od 0,76 do 1,1  $\mu\text{m}$ , oko 1,5  $\mu\text{m}$  i od 8 do 13  $\mu\text{m}$ .

Situacija se znatno menja kad u vazduhu ima vlage, jer sa povećanjem vlažnosti smanjuje se vidljivost, ali i propustljivost toplotnog (infracrvenog) zračenja. Pri pojavi magle praćenje u vidljivom delu spektra potpuno je onemogućeno, dok je domet praćenja u infracrvenom



Sl. 4 – Propustljivost atmosfere u zavisnosti od talasne dužine

spektru drastično smanjen. Pri guščoj magli i kiši i takvo praćenje potpuno je onemogućeno. Vлага u vazduhu smanjuje i propuštanje radio-talasa, naročito u milimetarskom i centrimetarskom području, ali u manjoj meri, tako da tek pojava kiše dovodi u pitanje mogućnost praćenja ciljeva u radio-području i to kada se koriste talasne dužine manje od 5 cm. Činjenica da povećanje talasne dužine zračenja smanjuje uticaj atmosferskih prilika na nišanje, može navesti na pomisao da treba koristiti radio-zračenje velikih talasnih dužina. Međutim, sa povećanjem talasne dužine opada tačnost određivanja položaja cilja, a pri talasnim dužinama preko pola metra gubi se mogućnost detekcije jako malih ciljeva (projektila), a smanjuje refleksija zračenja od malih i srednjih ciljeva. Zbog toga nišanski radari uglavnom koriste talasne dužine od 6 mm do 2 cm, odnosno frekvencije zračenja od 15 do 49 GHz.

Pri izboru talasnih opsega za detekciju cilja treba imati u vidu i taktički aspekt problema nišanja – najpogodnije je cilj detektovati pasivno, tj. korišćenjem njegovog sopstvenog zračenja ili prirodnog zračenja reflektovanog od cilja.

Cena senzora, takođe, uslovljava izbor talasnog opsega. Najjeftiniji senzor za detekciju cilja je televizijska (TV) kamera. Ona omogućava detekciju cilja u vidljivom delu elektromagnetnog spektra i obezbeđuje operatoru dobru vizuelnu kontrolu nišanja. Zbog toga se danas nalazi na gotovo svim automatskim nišanskim uređajima, iako ne omogućava da se cilj prati po magli, oblačnom vremenu, kiši i noću.

Nedostatke klasičnih TV kamera ublažuju tzv. kamere za nizak nivo osvetljenosti (LLTV kamere), koje detektuju mnogo niži intenzitet svetlosti, kako u

vidljivom delu spektra, tako i u infracrvenom delu spektra koji je blizak vidljivom (spektar ovih kamera je od 0,36 do 1,1  $\mu\text{m}$ ), što omogućava praćenje ciljeva noću, po mesečini i svetlosti zvezda. Ni one ne omogućuju detekciju cilja danju pri oblačnosti i dimu, kao i u noćima bez svetlosti zvezda. U tim uslovima mnogo su bolje termovizijske kamere. One daju toplotnu sliku cilja u opsezima od 3 do 5  $\mu\text{m}$  ili od 8 do 13  $\mu\text{m}$ , u kojima ciljevi intenzivno zrače toplotu i koje čista atmosfera dobro provodi. S obzirom na to da je zapremina onog dela izduvnih gasova, koji zrači na 3 do 5  $\mu\text{m}$ , mala u odnosu na zapreminu cilja, a većim delom je zaklonjena kada se cilj približava, kao i da se savremeni pogonski motori konstruišu tako da se ovo zračenje maksimalno smanji, termovizijske kamere pretežno funkcionišu u opsegu od 8 do 12  $\mu\text{m}$ .

Termovizijske kamere visoke osetljivosti i visoke rezolucije su vrlo skupi senzori. Bez obzira na cenu, kao i to što ne mogu da detektuju ciljeve po gustoj magli i kiši, one se sve češće koriste zbog toga što svojim pasivnim radom ne otkrivaju položaj sistema PVO, i što danju i noću mogu efikasno da prate letelice na vrlo malim visinama (krstareće projektila, protivbrodske rakete).

Nišanski radar je, svakako, najefikasniji senzor za detekciju cilja, jer je uspešan skoro u svim vremenskim uslovima, danju i noću. Radar zrači radio-energiju i prima zračenje reflektovano od cilja. Kao aktivni senzor, čije se zračenje lako otkriva, on je izložen dejstvu protivraderskih raketa. Osim toga, nije pogodan za praćenje niskoletućih ciljeva zbog pojave dvostruke refleksije zračenja – od cilja i podloge, što maskira cilj i dovodi do pogrešnih merenja. Uprkos primeni naprednih mera, kao što su: uzak snop

zračenja, frekventna agilnost (česta promena talasne dužine zračenja), korišćenje Doplerovog efekta i naprednih tehnika obrade radarskih signala, ovi nedostaci nisu potpuno otklonjeni ni kod najsavremenijih radara. Zbog toga se teži da se nišanski radar, kad god je moguće, zameni kombinacijom termovizijske kamere i laserskog daljinomera, a da se radar koristi samo kada je cilj na većim daljinama (izvan dometa kamere) ili kada zbog magle i padavina termovizija ne može da se koristi. Danas su nišanski radari još uvek dominantni senzori automatskih nišanskih uređaja zapadnih armija i gotovo isključivi automatski nišanski senzori ruske PVO.

Detekcija i merenje položaja cilja televizijskom i termovizijskom kamerom obavlja se digitalnom obradom svetlosne, odnosno toplotne slike i segmentacijom (izdvajanjem) cilja iz pozadine, korišćenjem razlika u kontrastu (svetlosnom ili toplotnom) pojedinih tačaka slike. Nakon što se odredi deo površine slike koji predstavlja cilj, pronalazi se centar te površine i računa njegovo horizontalno i vertikalno rastojanje od centra slike. Ova rastojanja proporcionalna su uglovima između nišanske linije i centra cilja.

Nišanski radar detektuje cilj tako što pošalje kratak impuls radio-zračenja ka cilju i registruje zračenje odbijeno od cilja. Savremeni nišanski radari imaju i mogućnost da detektuju pokretni cilj na osnovu pomeranja frekvencije reflektovanog zračenja u odnosu na emitovano zračenje (tzv. Doplerov efekat), što omogućuje da se niskoleteci cilj lakše uoči od okoline. Radar meri vreme proteklo od emitovanja impulsa do detekcije impulsa reflektovanog od cilja. To vreme je srazmerno daljini cilja. Merenje uglova cilja u odnosu na radarsku osu znatno je složenije, a za to se koristi osobina da

amplituda radarskog zračenja opada idući od centra ka ivici radarskog snopa. Savremeni nišanski radar šalje četiri zraka ka cilju, tako da su oni pod izvesnim uglom u odnosu na osu radara ravnomerno i simetrično raspoređeni oko ose. Upoređenjem amplituda sva četiri reflektovana zraka računaju se relativni uglovi azimuta i elevacije cilja.

Laserski daljinomer meri daljinu od cilja principijelno isto kao i nišanski radar, s tim što umesto radio-impulsa ka cilju šalje koherentni infracrveni impuls. To je senzor za merenje daljine čija je cena umerena, a koristi se kao dopuna televizijskim i termovizijskim kamerama. U odnosu na nišanski radar ima manji domet, znatno manju brzinu ponavljanja merenja i teorijski veću tačnost merenja daljine. Zbog izuzetno uskog i strogo usmerenog snopa zračenja može ga otkriti samo cilj koji je ozračen, što ga čini bezbednijim za upotrebu od nišanskog radara. Laserski daljinomeri zrače u infracrvenom području, najčešće na talasnoj dužini 1,06  $\mu\text{m}$ , koja je opasna za ljudsko oko. Zbog toga se sve više koriste laseri koji zrače na 1,54  $\mu\text{m}$ , jer ovo zračenje ne oštećuje vid, kao ni zračenje na 10,64  $\mu\text{m}$  koje, takođe, koriste neki laserski daljinomeri, ali su oni znatno skuplji, pa se ređe koriste. Sve laserske talasne dužine čista atmosfera dobro provodi, ali magla, oblaci i dim predstavljaju prepreke za lasersko zračenje.

Značajan problem u procesu detekcije i merenja položaja cilja predstavlja lažna detekcija cilja, kada se signal koji dolazi od nekog susednog objekta (oblak, objekt na zemlji, susedni cilj) tumači kao signal koji dolazi od cilja, odnosno kada se pri obradi digitalne slike pogrešno zaključi da silueta nekog drugog objekta predstavlja cilj. Problem lažne detekcije rešava se upoređenjem poslednjeg izme-

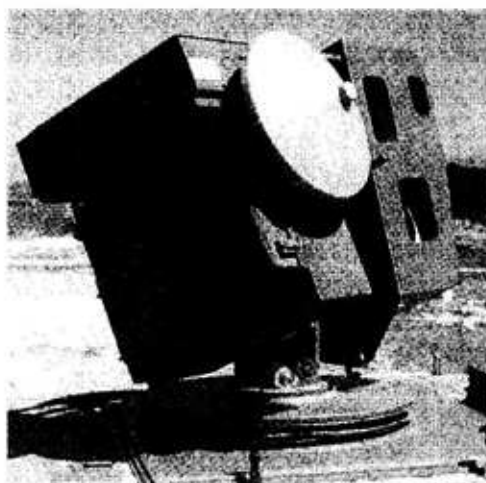


renog položaja cilja sa prethodno izračunatom trajektorijom cilja i formiranjem „prozora“ za izmerene uglove i daljinu cilja, kao oblasti dopuštenih vrednosti ovih veličina. Prozori se dinamički menjaju: smanjuju se kada raste poverenje u izmerene vrednosti, a povećavaju u obrnutom slučaju (npr. ako izvesno vreme cilj ne može da se uoči u vidnom polju senzora). Izmerene vrednosti koje su izvan tih „prozora“ odbacuju se kao netačne.

### Karakteristike savremenih senzora

Savremeni nišanski radari su monoimpulsni, sa mogućnošću korišćenja Doplerovog efekta. Vršna snaga radarskog zračenja obično se kreće od 15 kW do 100 kW, prečnik antene do 1 m, domet merenja 10 do 20 km, a frekvencija zračenja od 15 do 49 GHz. Nišanski radari su, po pravilu, frekventno agilni – menjaju frekvenciju zračenja, što otežava ometanje. Tačnost merenja uglova je, po pravilu, bolja od 1 mrad, a tačnost merenja daljine 5 m ili bolja. Primer savremenog radara je nišanski radar južnoafričkog sistema za praćenje REUNERT DEFENCE ETS 2400, malih dimenzija, visoke tačnosti (tačnost daljine 1 m, a tačnost uglova 0,15 mrad) i dometa 20 km (slika 5). Radi u opsegu od 26,5 do 40 GHz, na tri kanala a koristi Doplerov efekat i automatsku detekciju ometanja.

Masa savremene termovizijske kamere iznosi od 11 do 30 kg. Optika omogućuje jedno, dva ili tri vidna polja, u opsegu od 0,85° do 21° ili kontinualnu promenu vidnog polja (zum-objektiv). Temperaturna rezolucija iznosi 0,02 do 0,35°C. Većina termovizijskih kamera radi u opsegu od 8 do 12  $\mu\text{m}$ , najviše 13  $\mu\text{m}$ . Vertikalna rezolucija toplotne slike obično je 625 linija ili veća. Primer savre-



Sl. 5 – Nišanski radar sistema ETS 2400



Sl. 6 – Termovizijska kamera SAGEM IRIS

mene termovizijske kamere je francuska kamera SAGEM IRIS sa 288  $\times$  4 detektorskih elemenata, temperaturnom rezolucijom 0,02°C i rezolucijom slike 576  $\times$  768 piksela (slika 6). Njena masa iznosi 10 kg, a masa zasebne elektronske jedinice je 5 kg.

Savremene televizijske kamere opremljene su optikom sa kontinualnom promenom vidnog ugla (zum-objektiv), čiji se opseg uglavnom kreće od 2,5 do 30°. Mogućnost fokusiranja ide od par

metara do beskonačnosti. Masa kamere obično iznosi 0,5 kg, ali je masa objektiva 3 do 4 kg. Vertikalna rezolucija slike je 625 linija ili veća. Svetlosna osetljivost normalnih kamera iznosi 0,3 do 0,5 luksa, a kamera za nizak nivo osvetljenosti  $10^{-5}$  luksa i više. Tako je, na primer, televizijska kamera firme DAGE CORPORATION posebno pogodna za praćenje ciljeva, jer ima rezoluciju od 1200 televizijskih linija i svetlosnu osetljivost od  $10^{-7}$  luksa (slika 7).

Najveći broj danas korišćenih laserskih daljinomera je tipa Nd-YAG, koji se u novije vreme modernizuju dodavanjem Ramanove ćelije, čime postaju be-

zopasni za oko. Masa laserskih daljinomera iznosi od 6 do 30 kg, divergencija laserskog snopa od 0,5 do 2 (najviše 4) miliradijana, tačnost merenja od 1 do 6 m (najčešće 5 m), učestalost merenja od 10 do 20 Hz (retko do 30 Hz), a efikasan domet merenja od 10 do 20 km. Primer savremenog laserskog daljinomera predstavlja švedski ERICSSON UAL 11636, mase 10 kg, učestalosti merenja 25 Hz, dometa do 20 475 metara (slika 8).

### Zaključak

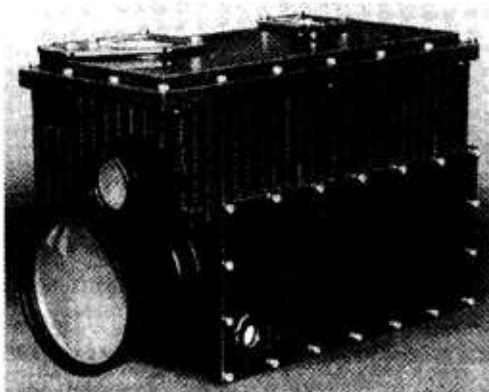
Analizom strukture i funkcije automatskih nišanskih uređaja uočene su funkcionalne celine koje su zajedničke svim varijantama ovih uređaja, nezavisno od njihove taktičke namene, kao i one koje imaju specifičnu namenu. To navodi na zaključak da modularna realizacija nišanskog uređaja može da obezbedi njegovu višestruku namenu, uz smanjenje troškova proizvodnje. Analizom problema detekcije cilja i prirode elektromagnetskog zračenja može se zaključiti da kombinacija elektrooptičkih senzora (termovizijska kamera – laserski daljinomer) ima bitne prednosti u odnosu na nišanski radar pri nišanjenju na manjim daljinama, ali da ne može u potpunosti da potisne radare u PVO na malim i srednjim daljinama.

### Literatura:

- [1] Milinović, M., Dodić, N.: Automatsko upravljanje vatrom protivavionskog topa, Naučnotehnički pregled, vol. 47, br. 1, str. 10-13, 1997.
- [2] Dodić, N., Milinović, M.: Nova koncepcija upravljanja vatrom protivavionskog topa, Vojnotehnički glasnik, br. 6, str. 5-14, 1999.
- [3] Dodić, N.: Upravljanje nišanskom spravom u funkciji praćenja cilja u vazduhu, Naučnotehnički pregled, vol. 48, br. 6, str. 33-38, 1998.
- [4] Gaspar, J.: Infra-Red Panoramic Systems for Naval Surveillance, Military Technology, Vol. 9, Issue 6, 1985, June 78-82.
- [5] Razingar A.: Protivelektronsko obezbeđenje. TŠC Zagreb, 1979.



Sl. 7 – TV kamera firme DAGE CORPORATION



Sl. 8 – Laserski daljinomer ERICSSON UAL 11636