

MRTD JEDNE TERMOVIZIJSKE KAMERE POSLE NJENOG DESETOGODIŠNJEG KORIŠĆENJA

Katarina Savić, *Vojnotehnički institut, catrins@gmail.com*

Ivana Kostić, *Tehnički opitni centar, kostic.ici@gmail.com*

Nikola Jovanović, Dragan Knežević, *Vojnotehnički institut, kachket@gmail.com, dragankn@gmail.com*

Dragiša Milanović, *Elektonski fakultet u Nišu, milanovic@elfak.ni.ac.rs*

Sadržaj – U radu je upoređena MRTD karakteristika specificirana u dokumentaciji proizvođača sa izmerenom MRTD karakteristikom iste termovizijske kamere posle njenog desetogodišnjeg korišćenja.

1. UVOD

Vidljivi deo elektromagnetnog spektra sačinjava 8 boja tačno definisanog opsega talasnih dužina vidljivih okom. Oko kao senzor je veoma selektivno i osetljivost mu se menja sa talasnom dužinom upadnog zračenja. Kako se ide ka krajevima vidljivog dela spektra osetljivost mu se sve više smanjuje. Kada se dođe u područje IC i UV dela spektra oko više ne registruje sliku. Zbog velikog slabljenja UV zračenja kroz atmosferu od većeg značaja je IC deo spektra.

Svi objekti zagrejani na temperaturi većoj od apsolutne nule ($T > 0$ K) emituju infracrveno zračenje kao funkciju njihove temperature i emisivnosti. Infracrvena energija potiče od vibracija i rotacija atoma i molekula. Sa povećanjem temperature nekog objekta povećava se pokretljivost atoma i molekula koji ga sačinjavaju, a samim tim se emituje veća energija u infracrvenom delu spektra. Ova energija se detektuje nekim od termovizijskih uređaja.

Proces formiranja slike u termoviziji zasniva se na detektovanju kontrasta pri emisiji zračenja posmatranog objekta i njegove okoline. Taj kontrast je posledica razlike temperature i koeficijenta emisivnosti objekta i okoline. Na tom principu se prave i mete za određivanje minimalne razložive temperature (MRTD). MRTD je osnovni i najvažniji pokazatelj kvaliteta termovizijskih uređaja. Najčešće je specificiran i od interesa krajnjim korisnicima.

2. UVOD U TERMOVIZIJSKE SISTEME

Termovizija predstavlja snimanje u IC oblasti EM spektra, i predstavlja snimak izračene toplotne energije. Ova tehnologija je najčešće korišćena u bezbednosne svrhe i proveriti kvaliteta materijala i građevina, a u poslednje dve decenije se koristi u medicini [1]. Pod detekcijom infracrvenog zračenja (IC zračenje) podrazumeva se transformacija energije IC zračenja u drugu vrstu energije: električnu, toplotnu, energiju vidljivog zračenja i sl. Transformacija energije IC zračenja vrši se u osnovnom delu IC uređaja, u detektoru. Dobijeni signal na detektoru sadrži informaciju koja se obrađuje u elektronskim kolima za svrhe: indikacije IC zračenja, određivanja položaja izvora IC zračenja cilja, praćenja nekog cilja merenja IC zračenja u odnosu na njegovu spektralnu karakteristiku, prenosa slike putem simultane detkcije ili putem analize itd.

Termovizijske kamere, u zavisnosti od vrste detektora mogu se podeliti na hladene i nehladene. Najsloženiji sistem pored detektora predstavlja sistem za hlađenje.

Hladene termovizijske kamere imaju ograničenje u broju radnih sati zbog mehaničkog veka trajanja sistema za

hlađenje. Širu primenu, zbog niske cene i jednostavnije izrade imaju nehladene kamere. One se koriste za približno merenje temperature. Na precizna merenja utiče niz faktora koji potiču od sredine u kojoj se vrše merenja. Tačno merenje temperatura se može dobiti jedino kontaktim merenjem.

Prednost termovizijskog merenja temperature je u tome što daje površinsku raspodelu temperature. Istovremeno se meri temperatura u većem broju tačaka što je određeno rezolucijom detektora. Pošto prođe kroz optički sistem IC uređaja, IC zračenje pada na osetljivu površinu detektora. Zadatak detektora je da pretvori IC zračenje u električni signal. Dobijeni električni signal na detektoru se dalje pojačava u elektronskim pojačavačima i dovodi u oblik koji je pogodan za određenu vrstu indikacije. IC zraci koji padaju na osetljivu površinu detektora imaju određeni spektralni sastav, koji je određen temperaturom i prirodnih izvora i fona, a u izvesnoj meri je izmenjen pri prolasku kroz atmosferu ili sredinu i optički sistem između izvora i detektora [2]. Izbor detektora i konstrukcija optičkog sistema treba da obezbede najveću osetljivost uređaja.

3. KARAKTERISTIKE TEST OPREME

Oprema korišćena za dobijanje MRTD karakteristike je test stanica MS 300 X proizvođača Inframet. Oprema zahteva da temperatura ambijenta tokom merenja bude konstantna i u opsegu od 10 °C do 30 °C. U Tabeli 1 su date osnovne karakteristike opreme.

Tabela 1. Osnovne karakteristike generatora test slike

Rezolucija kolimatora	160 lp/mrad
Apertura kolimatora	300 mm
Žižna daljina	2000 mm
Apsolutni opseg temperature crnog tela	-5 °C do +100 °C na temperaturi od 25 °C
Stabilnost temperature	±0.001 °C
Rezolucija očitavanja	0.001 °C
Emisivnost crnog tela	0.98

Test stanicu kontroliše standardni PC računar koji analizira izlazne signale i izračunava tražene karakteristike. MRTD je samo jedna od mnogih karakteristika koja ova test oprema može da meri. Za detalje o opremi pogledati sajt proizvođača [3].

4. DEFINISANJE MRTD KARAKTERISTIKE U ZAVISNOSTI OD PROSTORNE UČESTANOSTI

Prilikom merenja karakteristika termovizijskog uređaja mora se voditi računa o primenljivosti izmerenih parametara. MRTD daje informacije o temperaturnoj osetljivosti termovizijskog uređaja i njegovu prostornu rezoluciju. Istovremeno je jedini parametar koji je prisutan u nekoliko međunarodnih test standarda. Takođe, MRTD omogućava procenu dometa uređaja za detekciju i prepoznavanje realnih ciljeva pa je zato on i najvažniji parametar u proceni praktične upotrebe uređaja [4].

Izgled test mete koja se koristi prilikom testiranja termovizijske opreme je prikazana na Slici 1. Na Slici 2 je prikazan izgled termograma test mete dobijeni termovizijskom kamerom prilikom ispitivanja MRTD karakteristike.



Slika.1. Test meta za određivanje MRTD.

Cilj je definisan preko test slike koja sadrži po četiri trake u vertikalnom i horizontalnom položaju čiji je odnos visine i širine 7:1. Širina trake određuje prostornu učestanost izraženu u linijskim parovima po mrad [lp/mrad].

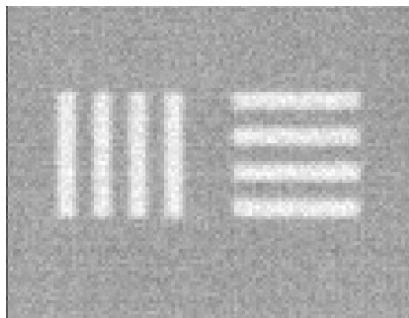
Ugaona dimenzija širine trake projektovane test slike u žižnoj ravni kolimatora je:

$$\alpha[\text{rad}] = 2 \arctg \frac{D}{2f_k} \approx \frac{D}{f_k} \quad (1)$$

Pri čemu je D širina trake, a f_k žižna daljina kolimatora. Prostorna učestanost test slike je

$$f_p[\text{lp/rad}] = \frac{2}{\alpha} \quad (2)$$

Vidi se da je prostorna učestanost obrnuto srazmerna širini trake [5].

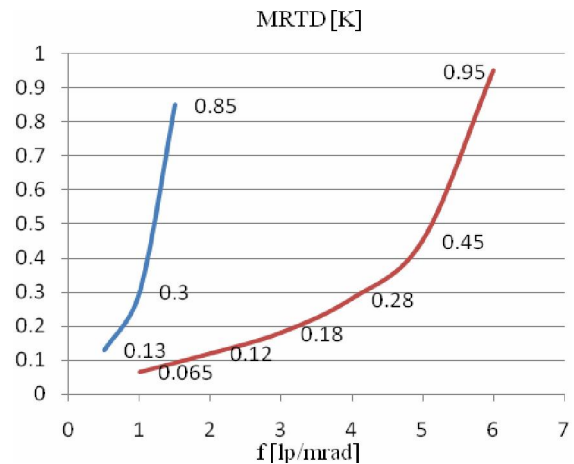


Slika.2. Termogram dobijen sa kamere prilikom ispitivanja MRTD

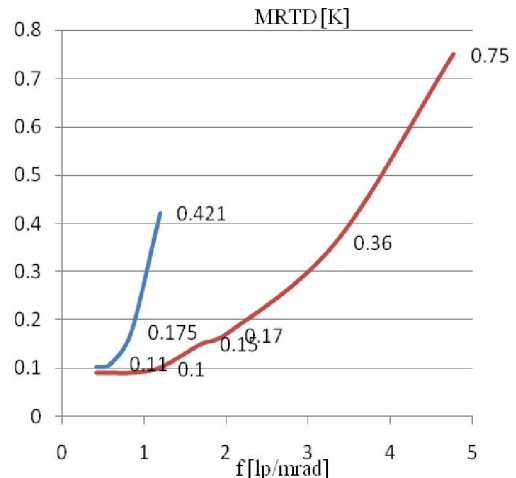
5. REZULTATI

U ovom delu su predstavljeni rezultati minimalne razložive temperature dobijene merenjem u laboratorijskim uslovima. Na slici 3 dati su rezultati specificirani od strane proizvođača termovizijske kamere za široko (plava krivulja) i usko (crvena krivulja) vidno polje, a na slici 4 rezultati dobijeni na Inframet test opremi nakon desetogodišnjeg korišćenja kamere.

Za široko vidno polje (7.86x5.44) prostorna učestanost je manja nego za usko vidno polje (2.2x1.52). Sa grafikona se može uočiti da je svrha širokog vidnog polja da se detektuju objekti na malim udaljenostima od objektiva kamere, dok je za približno iste vrednosti MRTD sa uskim vidnim poljem detektuju objekti na mnogo većim udaljenostima.



Slika.3. MRTD specifikacija proizvođača za široko i usko vidno polje.



Slika.4. MRTD dobijena merenjem nakon korišćenja za široko i usko vidno polje.

Korišćenjem kamere, performanse detektora opadaju, što se vidi uporednom analizom slika 3 i 4. Opala je prostorna rezolucija kao i minimalna razlika detektovane temperature, što ukazuje da je novonastala osetljivost detektora smanjena.

Smanjenjem prostorne učestanosti, opada moć detekcije, prepoznavanja i identifikacije kamere.

LITERATURA

- [1] K. Savić, I. Božić, Lj. Tomić, D. Panić, I. Lazić, M. D. Petrović “Termovizijske metode u savremenom medicinskom imidžingu: prednosti i nedostaci” *Zbornik abstrakata, Konferencija Peta Radionica Fotonike 2012.*
- [2] R. Vendt, M. Jurma, “Effects of environmental conditions on the performance of thermal images,” *Springer Science, 2010.*
- [3] <http://www.inframet.pl/>
- [4] K. Chrzanowski, “*Testing thermal imagers,*” Warsaw, 2010.
- [5] B. Livada, “Minimalna razloživa temperaturna razlika (MRT): Osnovni parametar kvaliteta termovizijskih uređaja,” *ETRAN 1999.*

Abstract – In this paper MRTD characteristic specified in manufacturer's documentation is compared with measured MRTD characteristic of the same thermal imager after ten years of its use.

MRTD OF A THERMAL IMAGING CAMERA AFTER ITS TEN YEARS USAGE

Katarina Savić, Ivana Kostić, Nikola Jovanović, Dragan Knežević, Dragiša Milanović