

Mr Zvonko Radosavljević,  
dipl. inž.  
Mr Mirko Jezdimirović,  
major, dipl. inž.  
Vojnotehnički institut VJ,  
Beograd

## PRIMER DIGITALIZACIJE TELEVIZIJSKE I TERMOVIZIJSKE SLIKE

UDC: [621.384.3:536.5]+621.397.13:681.32

### Rezime:

*U ovom radu predstavljen je sistem za digitalizaciju i prikaz televizijske i termovizijske slike, namenjen za dalju obradu slike. Slika dobijena iz televizijske, odnosno termovizijske kamere se preko kartice frame grabber DT3153 uvodi u personalni računar gde se digitalizuje i kao takva dalje obrađuje i prikazuje. Predstavljena je digitalizacija televizijske i termovizijske slike na PC računarima sa raspoloživom opremom.*

*Ključne reči: digitalizacija, televizija, termovizija, praćenje, digitalna obrada slike.*

---

## AU EXAMPLE OF TV AND THERMAL IMAGERY

### Summary:

*This paper presents a system for TV and thermal imagery digitalization and display, intended for further image processing. The image obtained from TV/thermal camera is entered, through the DT3153 frame grabber card, into PC where it is digitalized and then processed and displayed. The digitalization of TV/thermal imagery on PSs with corresponding equipment has been presented.*

*Key words: digitalization, television, thermal imagery, tracking, digital image processing.*

---

### Uvod

Najnovija zbivanja u okruženju, vezana za ratna dejstva, pokazala su da je upotreba aktivnih senzora u vojnim primenama znatno ograničena, dok su pasivni senzori došli do većeg izražaja. Ovaj rad govori o formiranju, kao i detekciji i praćenju objekata na sceni, primenom televizijskih (TV) i termovizijskih (IC) senzora.

U novije vreme napredak tehnologije je doveo do razvoja veoma uspešnih antiradarskih sistema (ALARM i HARM), pa je upotreba aktivnih sistema

osmatranja ograničena na kraće vremenske intervale. To je bio jedan od osnovnih razloga što su razvijeni pasivni sistemi osmatranja, čiji su glavni predstavnici televizijski i infracrveni (IC) senzori. Na taj način u potpunosti je izbegnuta mogućnost bližeg pozicioniranja mesta sistema za osmatranje i detekciju, a samim tim i mogućnost njihovog uništenja.

Nastanak termovizijskih uređaja za detekciju i pozicioniranje objekata na sceni vezan je, uglavnom, za povećanje efikasnosti pri dnevnom osmatranju i osmatranju u noćnim uslovima, kao i osmatranju u uslovima smanjene dnevne

vidljivosti ili loših vremenskih prilika. U vojnim aplikacijama termovizijski senzori mogu da prate i detektuju označeni taktički objekat u svim vremenskim uslovima, danju i noću.

Informacije o objektu dobijaju se i prikazuju u obliku sopstvenog elektromagnetnog zračenja pozadine i objekta. Pronalaskom teleskopa, a kasnije i televizije, bilo je omogućeno dnevno osmatranje objekata, ali u noćnim uslovima nije moguće postići željene rezultate. Zbog toga su počela prva vojna ispitivanja infracrvenih senzora koja su merila sopstveno zračenje pozadine i objekta u infracrvenom delu elektromagnetnog spektra, još početkom ovog veka. Tako se prva upotreba IC senzora u vojne svrhe beleži još u Prvom svetskom ratu [1].

Razvojem tehnologije obavljani su ozbiljniji eksperimenti na dobijanju IC slike. Između dva rata, oko 1930. godine, razvijeni su prvi uređaji za osmatranje merenjem zračenja u infracrvenom opsegu.

Pri proučavanju crnobeke fotografije, naročito pri pokušaju povećavanja spektralne osetljivosti filma, došlo je do proširenja spektra osmatranja. To je dovelo do pojave konvertora slike i multispektralnih senzora. Pored zahteva za proširenjem spektralnog područja javila se potreba za proširenjem vidnog polja senzora. Oba ova zahteva zadovoljio je multispektralni skener koji formira IC sliku terena iz vazdušnog prostora.

Paralelno sa razvojem pojačavača slike, u području IC dugotalasnog opsega talasnih dužina, razvijene su diode koje su sposobne da detektuju nizak nivo termalne radijacije koji emituje svaki objekat. Napredak na tom polju rezultirao je proizvodnjom uređaja za termalnu sliku.

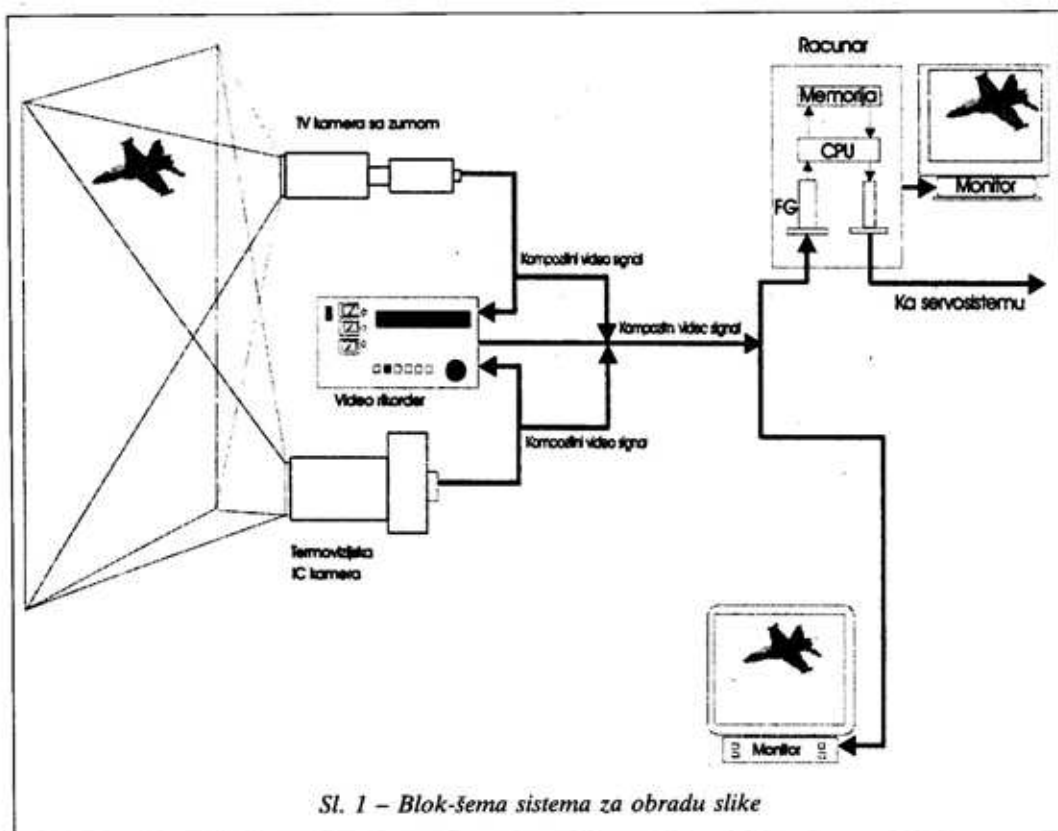
## Opis sistema za obradu slike

Sistem za obradu slike, koji je ovde opisan, namenjen je za obradu televizijske i termovizijske slike. Slika dobijena iz televizijske ili infracrvene kamere, odnosno, video rikordera, preko frame grabber (FG) kartice uvodi se u personalni računar gde se digitalizuje i dalje obrađuje.

Sistem za obradu slike sastoji se od sledećih podsklopova:

- personalnog računara sa FG karticom;
- CCD (charge coupled devices) kamere sa zumom i/(ili) infracrvene (IC) kamere;
- TV monitora;
- video rikordera (VCR);
- napajanja.

Na slici 1 predstavljena je blok-šema sistema za detekciju i prikazivanje objekata na sceni. Alternativno su prikazana dva senzora slike: televizijski (TV) senzor i termovizijski (IC) senzor. Oba senzora imaju na izlazu kompozitni video signal  $1V_{p-p}$  (1 Volt peak to peak) koji se vodi na uređaj za zapis analogne slike, video rikorder (VCR). Tako zapisana analogna slika može se pratiti na TV prikazivaču (monitoru), a signal se istovremeno vodi na sistem za „zamrzavanje“ (FG). Zatim se slika vodi na analogno – digitalni (AD) konvertor koji obavlja kvantovanje i kodovanje analognog video signala. Na taj način slika je digitalizovana i predstavlja matricu  $576 \times 768$  piksela sa 256 kvantizacionih nivoa sivog. Takva slika skladišti se u memoriju računara i poziva u blok za obradu gde se uz upotrebu odgovarajućeg softvera vrši željena obrada slike. Po završenoj obradi slika se vraća u memoriju računara, odakle se prikazuje na monitoru.



Sl. 1 – Blok-šema sistema za obradu slike

Obrada slike (o kojoj u ovom radu neće biti reči) predstavlja složen proces, a sastoji se od [2]:

- digitalne konverzije slike, koja se zasniva na konverziji kontinualnog polja slike u ekvivalentni digitalni oblik. Postupak digitalizacije vrši se po vremenu (odmeravanje) i po nivoima (kvantovanje). Digitalizacijom se, pomoću određenog softvera [3], vrši pretvaranje analogne televizijske ili termovizijske slike preko FG u neki od digitalnih formata kao što su BMP, JPEG, TIF, TGA ili GIF;

- filtriranja, koje ima za cilj da izvrši osnovnu i početnu predobradu slike, što podrazumeva oslobađanje slike od šuma, kao i smanjenje redundanse (suvišnih detalja);

- izračunavanja srednje osvetljenosti fona (okoline) u posmatranom prozoru;

- izdvajanja tačke sa minimalnim nivoom sivog, kao i tačke sa maksimalnim nivoom sivog;

- utvrđivanja koji je od pomenutih objekata dominantniji, radi odlučivanja da li će se pratiti svetli ili tamni objekti;

- izračunavanja praga odluke za svetle i tamne objekte;

- izdvajanja objekta iz okoline;

- izračunavanja koordinata objekta, odnosno korektivnih koordinata;

- izračunavanja veličine objekta i uticaja na promenu prozora praćenja;

- prosleđivanja podataka računaru za obradu slike.

## Namena sistema za obradu slike

Kako obrada slike ima široku primenu u mnogim oblastima (nauka, tehnika, medicina, zabava) i namena sistema za obradu slike može biti različita. Ovde će biti navedene samo neke od mogućih namena sistema za obradu slike, sa kraćim osvrtom na problematiku koju obrađuju, i zahteva koji pri tome nastaju.

Najčešća primena obrade slike obuhvata neke od sledećih zahteva:

- pretvaranje analogne slike u digitalni oblik i njeno prevođenje i zapis u nekom od poznatih formata, kao što su GIF, JPEG, TIF, TGA i drugi;

- prikaz digitalizovane slike ili dela slike sa eventualnim mogućnostima isecanja, njenom skupljanju i širenju sa mogućnostima rotacije i invertovanja;

- promenu osvetljaja i kontrasta, promenu palete boja, inverzni prikaz, kao i pretvaranje u nijanse sive boje;

- isticanje ivica, crtanje histograma, primenu raznih filtera radi prilagođavanja slike konkretnim aplikacijama i odstranjanja neželjenih efekata.

Samostalno razvijanje ovakvih alata predstavlja dug i komplikovan proces. Međutim, navedeni zahtevi rešavaju se u mnogim softverskim paketima odvojeno ili kao jedna od opcija uz druge mogućnosti. Različiti specijalizovani proizvođači softvera nude pojedine „biblioteke“ koje se mogu koristiti za različite namene, a njihova cena se kreće od nekoliko stotina do nekoliko hiljada dolara.

Primenom softverskog paketa koji obavlja većinu navedenih zahteva u obradi slike dobija se snimak koji je prikazan na slici 2. Osnovni interfejs rađen je u Visual C++, a korišćene su gotove biblioteke Image View [4].



Sl. 2 - Prikaz snimka aviona Su27 primenom softverskog paketa za obradu slike

Jedan od najvažnijih problema u procesu obrade slike predstavlja rad u realnom vremenu, pod kojim se podrazumeva obrada i prikaz više od 20 slika u sekundi, što se smatra najnižim pragom osetljivosti oka, jer brže promene oko ne može da registruje. Da bi se postigao rad u realnom vremenu potreban je poseban hardver sa specijalizovanim procesorom slike, kao i grafičke kartice sa odgovarajućim algoritmima. U okviru vojne primene obrada slike se koristi za detekciju i praćenja objekata na sceni: kopnu, moru i vazдушnom prostoru, danju i noću, u svim vremenskim uslovima, u realnom vremenu.

Obrada slike u realnom vremenu može se odnositi i na posmatranje raznih fizičkih i hemijskih procesa. Složenost zavisi od brzine pojedinih procesa, kao i senzora za njihovo registrovanje. Pored toga, javljaju se problemi pri određivanju površine, dimenzije, konture [6]. Primena obrade slike u medicini je, takođe,

rasprostranjena, posebno kod dijagnostike oboljenja pojedinih organa.

Problem senzora je kako izvršiti snimanje pojedinih organa (ultrazvuk, rentgen, TV ili IC), a kada se dobije digitalni zapis sledi već poznata problematika obrade slike.

Tipičan primer obrade slike u realnom vremenu predstavlja praćenje pokretnih objekata kao što je let aviona. Pri tome se vrši selekcija objekta (ili mogućeg objekta), određuju se koordinate tog objekta u odnosu na nultu koordinatu (gornji levi ugao ekrana), obavlja se zahvatanje i praćenje tog objekta i šalju korektivne koordinate greške računaru koji upravlja servosistemom, odnosno kretanjem uređaja za praćenje (trackera).

U slučaju raketnih sistema starije generacije ili sistema za praćenje sa zemlje u pitanju su numeričke vrednosti korektivnih koordinata koje treba prevesti u analogne naponske vrednosti, koje mogu biti pozitivne ili negativne. Radi toga se računaru dodaje digitalno-analogni (D/A) konvertor koji ima za cilj prevođenje izračunatih vrednosti korekcije vektora kretanja objekta u naponski signal (na primer opsega  $\pm 10$  V). Takav signal dolazi kao signal greške u sistem negativne povratne sprege. On daje komandne signale sistemu za pozicioniranje objekta dovodeći objekat u centar končanice. Za uspešno pogađanje objekta postoji još jedan veoma važan parametar, a to je rastojanje do objekta [5].

U sistemima novije generacije korektivni signal greške u negativnoj povratnoj sprezi je digitalni signal. U tom slučaju nije potrebna D/A konverzija signala greške.

U poslednje vreme, za merenje daljine najčešće se koristi impulsni laserski daljinomer. On u momentu pozicionira-

nja objekta koristi laserski impuls koji trenutno ozrači objekat dajući vrednost rastojanja do objekta. To je ujedno i mana ovog sistema, jer objekat ima informaciju da je ozračen laserskim zrakom, a samim tim i otkriven.

Za merenje rastojanja do objekta mogu se koristiti i pasivne metode triangulacije, uz pomoć dva optoelektronska senzora ili iz geometrije slike, ukoliko je poznato o kojoj vrsti letelice je reč. Informaciju o daljini do objekta moguće je dobiti i na osnovu poznavanja temperature objekta (primenom termovizijske slike). Međutim, ovaj način određivanja rastojanja do objekta povezan je sa nizom problema iz oblasti prostiranja infracrvenog zračenja kroz atmosferu.

Na slici 3 predstavljen je snimak ekrana primenom softverskog paketa za obradu i prikaz pokretnih objekata [3]. Na slici se vidi objekat koji se kreće, u ovom slučaju avion, nepokretna končanica i pokretna končanica (koja je pravougaonik određenih dimenzija). U levom gornjem uglu predstavljene su koordinate objekta u pikselima, kao i indikacija objekta.

Sledeća oblast u kojoj obrada slike ima veliku primenu je prepoznavanje oblika i objekata. To se odnosi na prepo-



Sl. 3 – Praćenje pokretnog objekta



Sl. 4 – Prikaz snimka aviona primenom TV kamere

znavanje karaktera pri obradi teksta (prepoznavanje skeniranog teksta), prepoznavanje oblika u vojnoj primeni (tipa aviona, tenka, broda ili nekog značajnog objekta), itd. Rešavanje ovih problema povezano je sa radom na bazama podataka. Prvo se snima objekat (na primer 150 raznih pozicija) i formiraju se baze za pojedine objekte, kao i baze raznih objekata. Kada se izvrši registrovanje objekata onda se uz pomoć različitih algoritama prepoznaje objekat.

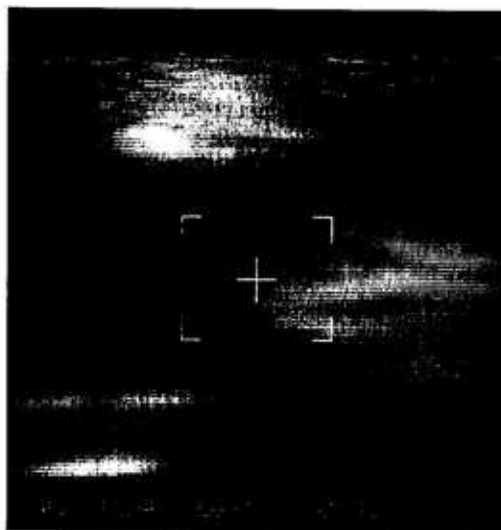
### Prikaz digitalizovanih slika

Na sledećim slikama predstavljeni su digitalizovani TV i IC snimci.

Na slici 4 prikazan je televizijski snimak aviona G-4 u vazдушnom prostoru. Na snimku su, pored jasno uočljive konture aviona, predstavljeni identifikacioni brojevi snimka i senzora, kao i vrednosti ugla azimuta (A) i elevacije (E) pod kojima je kamera okrenuta prema objektu.

Na slici 5 prikazan je termovizijski snimak potencijalnog objekta u vazдушnom prostoru. Na margini slike nalaze se sledeći osnovni parametri senzora:

NFOV (narrow field of view) – usko vidno polje senzora, FOCUS FAR – uključeno fokusiranje, BLACK-HOT – topliji delovi, koji su prikazani tamnijim tonovima na slici, AUTO G/L (Auto Gain/Level) – automatsko podešavanje pojačanja i nivoa sivog.



Sl. 5 – Termovizijski snimak mogućeg objekta u vazдушnom prostoru

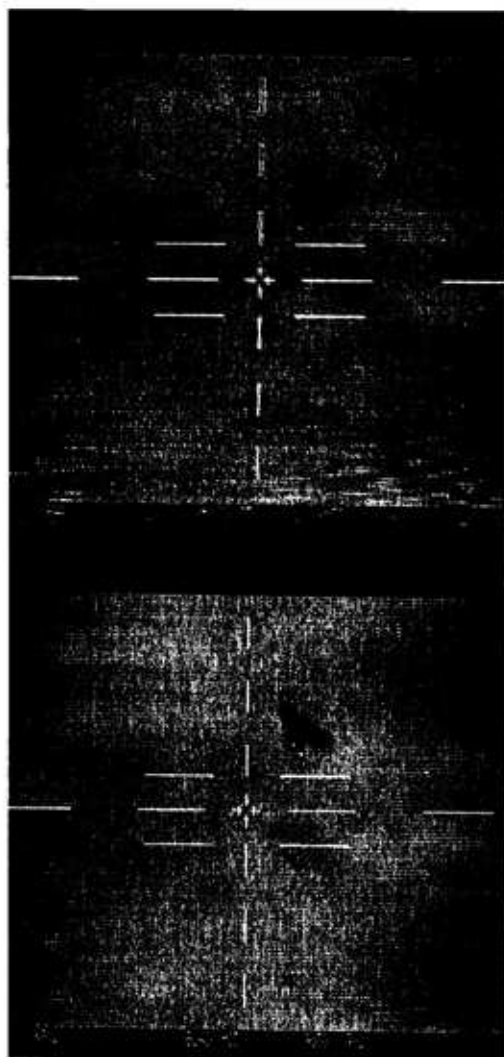


Sl. 6 – IC snimak helikoptera

Na slici 6 prikazan je snimak helikoptera snimljen termovizijskom kamerom u noćnim uslovima. Ovdje se može uočiti osnovna prednost termovizije u odnosu na televiziju. Naime, za termovizijski snimak nije bitno doba dana. Tamna kontura na snimku, uokvirena končanicom, pripada onom segmentu slike na kojem se nalazi objekat.



Sl. 8 – Termovizijski snimak objekta u vazдушnom prostoru



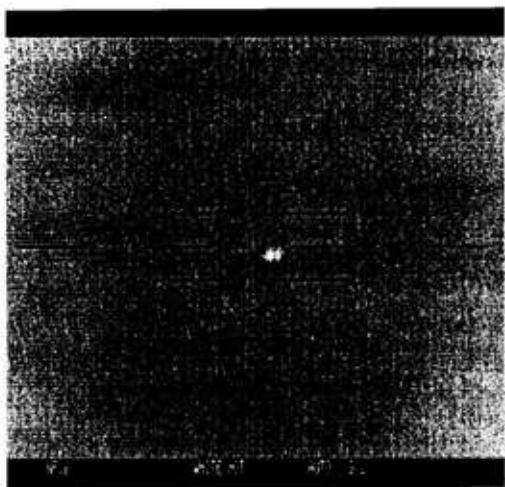
Sl. 7 – Dve sukcesivne termovizijske slike aviona u vazдушnom prostoru

Na slici 7 prikazane su dve sukcesivne slike aviona u vazдушnom prostoru snimljene u intervalu od 40 ms. Ovakvi uzastopni snimci koriste se za aproksimaciju kretanja objekta u vazдушnom prostoru. Na svakom pojedinačnom snimku pronalaze se koordinate ili korektivne koordinate objekta. Na taj način može da se formira vektor kretanja objekta, koji u sebi sadrži informaciju o brzini, ubrzanju i položaju objekta u odnosu na levi gornji ugao slike ili centar slike.

Na slici 8 prikazan je objekat u vazдушnom prostoru, kao WHITE-HOT, što znači da su topliji delovi na snimku predstavljeni svetlijim nijansama.

Na slikama 9a i 9b prikazan je jedan isti mlazni avion, snimljen kao WHITE-HOT u dve moguće situacije. Slika 9a prikazuje mlazni avion u odlasku, i na njoj se može uočiti odraz dva mlazna motora, a na slici 9b vidi se isti mlazni avion u dolasku, sa odrazom siluete aviona koja je slabija nego u slučaju na slici 9a.

Trodimenzionalni prikaz amplituda nivoa sivog termovizijskih snimaka dat je na slikama 11 i 13 [7]. Na slici 10 prikazan je termovizijski snimak helikoptera na rastojanju 7000 m, a na slici 11 odgovara-

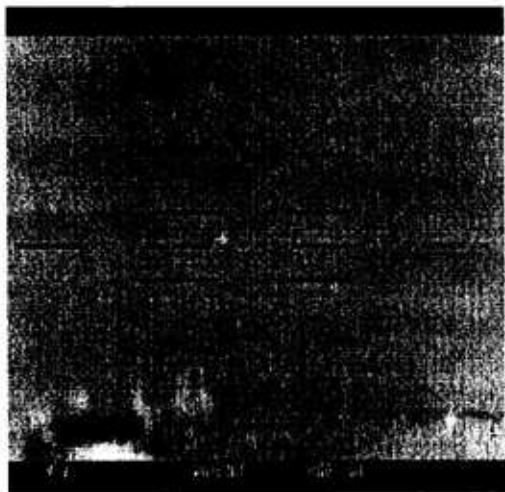


Sl. 9a – Termovizijske slike aviona u odlasku na rastojanju od 9000 m

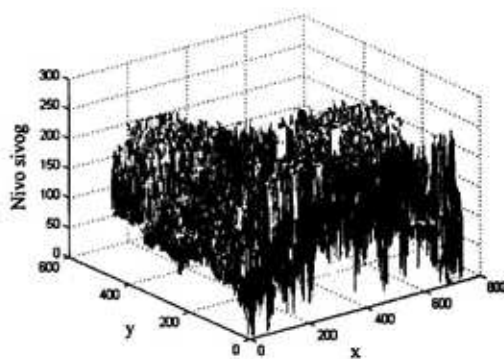
mestima gde se nalazi objekat, što omogućava preciznije određivanje praga nivoa sivog, a samim tim povećava verovatnoću otkrivanja objekta. Problem koji se



Sl. 10 – Termovizijski snimak helikoptera na rastojanju od 7000 m

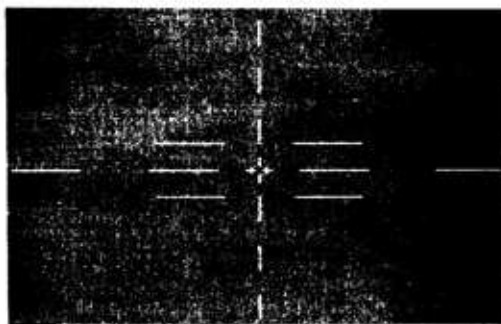


Sl. 9b – Termovizijske slike aviona u dolasku na rastojanju od 9000 m



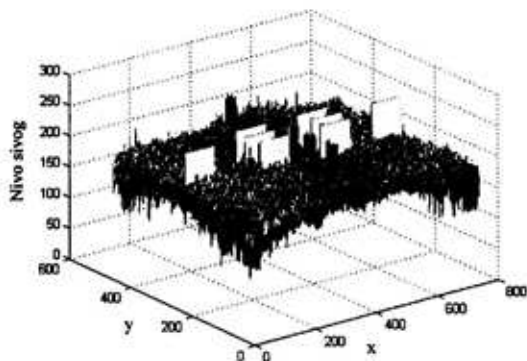
Sl. 11 – Trodimenzionalni prikaz amplituda nivoa sivog termovizijske slike sa sl. 10

jući dijagram amplituda nivoa sivog, gde su  $x$  i  $y$  koordinate pojedinih piksela termovizijskog snimka u rezoluciji  $768 \times 576$  piksela. Na slici 12 prikazan je termovizijski snimak aviona na rastojanju 9000 m, a na slici 13 odgovarajući dijagram amplituda nivoa sivog. Na njima se mogu uočiti maksimalne vrednosti na



Sl. 12 – Termovizijska slika aviona na rastojanju od 9000 m





Sl. 13 – Trodimenzionalni prikaz amplituda nivoa sivog termovizijske slike sa sl. 12

ovde pojavljuju su maksimumi koji potiču od končanice nišanskog sistema ili šuma na snimku, ali se mogu ukloniti.

## Zaključak

U ovom radu bliže je predstavljena problematika formiranja kao i detekcije i praćenja objekata na sceni. Takođe, može poslužiti kao osnova za dalju primenu obrade slike u raznim sferama ljudskog interesovanja (tehnicima, medicini, filmu...).

Sistem koji je ovde prikazan, samo je jedan partikularan slučaj mogućeg sistema za obradu slike. Njegova koncepcija i način rada vezani su za konkretnu aplikaciju u domenu vojne primene.

Takođe, predočene su razne mogućnosti primene sistema za obradu slike u raznim oblastima ljudskog interesovanja. Prikazani snimci TV i IC slike dobijeni su opisanom opremom i određenim softverom.

Odabiranje sistema za digitalizaciju i prikaz televizijske i termovizijske slike zavisi od konkretne namene za obradu

slike. U prikazanom sistemu slika dobijena iz TV, odnosno IC kamere ili video rikordera, preko FG kartice DT 3153, uvodi se u personalni računar gde se digitalizuje, i kao takva dalje prikazuje i obrađuje. Brzina obrade snimaka predstavlja jedan od najvažnijih zahteva u ovoj oblasti. Za povećanje brzine uglavnom se koriste specijalizovani procesori za obradu signala slike, a za te potrebe postoji mnoštvo različitih hardverskih sklopova za „zamrzavanje“ i digitalizaciju slike. Predstavljen je samo jedan od mogućih konkretnih sistema za digitalizaciju televizijske i termovizijske slike na personalnim računarima.

Termalna slika nosi mnogo više informacija nego standardna TV slika u vidljivom delu spektra, tako da se predviđa njena veća primena, ali je IC senzor mnogostruko skuplji od TV senzora. To je često ograničavajući faktor u primeni termovizijskih senzora. Drugi nedostatak termovizijskih senzora ogleda se u znatno manjoj rezoluciji u odnosu na TV senzore. Imajući u vidu pomenute činjenice, može se zaključiti da svaka konkretna primena zahteva adekvatnu analizu izbora hardvera.

## Literatura:

- [1] Barbarić, Ž.: Prilog metodama za analizu i obradu signala termalne slike formirane linijskim skeniranjem, doktorska disertacija, ETF Beograd, 1994.
- [2] Bojković, Z.: Digitalna obrada slike, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [3] DATA TRANSLATION, User Manual DT3153, 1996.
- [4] Paul Yao i Richard C. Leinecker: Visual C++5 Biblija, Mikro knjiga, Beograd, 1998.
- [5] Bursać, S.: Analiza primene optoelektronskih sredstava na nišanske uređaje sa posebnim osvrtom na korišćenje termovizijskih sistema, magistarski rad, ETF Beograd, 1991.
- [6] Radosavljević Z.: Istanje ivica termalnih slika metodom gradijentnog operatora, XLIII ETRAN, Zlatibor, 1999.
- [7] Radosavljević, Z.: Detekcija i pozicioniranje objekata na slici primenom termovizije, magistarski rad, Beograd, 2000.