

SADRŽAJ

Dijana Damljanović, dipl. inž. Aleksandar Vitić, dipl. inž.	EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE ROLERONA U AERO-TUNELU T-38	389
Mr Slobodan Simić, kapetan, dipl. inž.	ANALIZA KONTINUALNIH FREKVENCIJSKI MODULISANIH RADARSKIH SIGNALA PRIMENOM VREMENSKO-FREKVENCIJSKIH TRANSFORMACIJA I KORELACIONIH TEHNIKA	400
Mr Boban Bondžulić, kapetan, dipl. inž. dr Vladimir Petrović, dipl. inž.	SJEDINJAVANJE SLIKA ISTE SCENE	414
Docent dr Nebojša Nikolić, potpukovnik, dipl. inž.	KORISNIČKI ASPEKT PRELAZNOG REŽIMA RADA SISTEMA MASOVNOG OPSLUŽIVANJA	429
Mr Vladimir Šepec	MODELOVANJE I ANALIZA PROTIVOKLOPNE BORBE	441
Dr Radomir S. Gordić, dipl. inž.	DEFINISANJE EFIKASNOSTI ORGANIZOVANOG KOLONSKOG SAOBRAĆAJNOG TOKA	448
Srdan Ljubojević, kapetan, dipl. inž.	MOGUĆNOSTI IMPLEMENTACIJE SAVREMENIH SISTEMA UPRAVLJANJA SAOBRAĆAJEM U SISTEMU ODBRANE	463
Docent dr Mirko Borisov, pukovnik, dipl. inž.	DIGITALNA TOPOGRAFSKA KARTA 1:250 000 – PREMA NATO STANDARDIMA	475
Mr Nebojša Gaćeša, potpukovnik, dipl. inž.	OTEH 2007 – prikaz naučno-stručnog skupa	479
Vanredni profesor dr Vlado Đurković, dipl. inž.	SYM-OP-IS 2007 – prikaz naučno-stručnog skupa	488
Asistent mr Sreten Perić, major, dipl. inž.	SERBIA TRIB 2007 – prikaz naučno-stručnog skupa –	493

SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA

Višenamenski borbeni avion Indije MiG-35 – M. K.	497
Taktička bespilotna letelica Skeldar – M. K.	500
Druga generacija bespilotnih letelica Global Hawk – M. K.	500
Tenkovski navigacioni sistem Andromeda 21 – M. K.	502
Novi mađarski osmatrački radar – M. K.	503
Optimizacija sistema PVO „Nebeski štit-35“ – M. K.	504
Sistem za detekciju snajpera PDC – M. K.	505
Novi sistemi za lasersku teleorijentaciju oružja – M. K.	505
Kinesko lako oklopno vozilo VN3 4×4 – M. K.	508
Novo borbeno vozilo pešadije za UAE – M. K.	509

Dijana Damjanović,
dipl. inž.
Aleksandar Vitić,
dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd

EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE ROLERONA U AEROTUNELU T-38

UDC: 629.7.018 : [681.586.2 : 533.694.51

Rezime:

U radu su prikazani rezultati eksperimentalnih ispitivanja rolerona postojećeg projektila u aerotunelu T-38 Vojnotehničkog instituta. Za smanjenje ugaone brzine valjanja koriste se roleroni kao najjednostavniji uređaji. Oni predstavljaju žiroskop sa dva stepena slobode. Postavljaju se na krajeve krila i sastoje se od elerona koji je istovremeno i nosač ozubljenog rotora velike mase. Za rotaciju rotor koristi energiju vazduha. U radu je prikazan jedan roleron definisane geometrije sa odgovarajućim rotorom. Cilj ispitivanja bio je da se izmeri broj obrtaja rotora i šarnirni moment u funkciji ugla otklona rolerona i Mahovog broja.

Ključne reči: aerotunel, roleron, žiroskop sa dva stepena slobode, smanjenje ugaone brzine valjanja, broj obrtaja rotora, koeficijent šarnirnog momenta.

EXPERIMENTAL TESTING OF THE ROLL AILERON IN THE T-38 WIND TUNNEL

Summary:

The results of an experimental testing of the roll aileron of an existing projectile, carried out in the T-38 wind tunnel of the Military Technical Institute, are given in the paper. Representing a 2 dof gyroscope, roll ailerons are used as the simplest devices for decreasing angular velocity. Fixed on wing tips, they consist of ailerons which support massive cogged rotors. Air energy is used for rotor rotation. A roll aileron of a defined geometry, with an appropriate rotor, is described in the paper. The testing objective was to measure the rotor rotation rate and hinge moment as a function of the roll aileron deflection angle and the Mach number.

Key words: wind tunnel, roll aileron, gyroscope with two degrees of freedom, decreasing angular velocity, rotation rate of the rotor, hinge moment coefficient.

Uvod

U okviru istraživačkih zadataka izvršena su merenja na roleronu postojeće rakete u aerotunelu T-38. Ispitivanje je obuhvatalo merenje broja obrtaja rotora rolerona optičkim davačem i merenje šarnirnog momenta rolerona trokomponentnom aerovagom. Varirani su ugao otklona rolerona i Mahov broj. Roleron se nalazio na kraju krila ispitivanog mo-

dela. Model projektila imao je jedno krilo sa roleronom.

Uloga rolerona kod samonavodenih raketa jeste da smanji ugaonu brzinu valjanja rakete. Jednačine koje opisuju kretanje rakete sa ugrađenim roleronima vrlo su složene. Uprošćavanjem jednačina dobijen je izraz koji uspostavlja vezu između ugaone brzine rakete, broja obrtaja rotora i statičkog derivativa šarnirnog momenta rolerona po otklonu. Proračun broja obrtaja rotora, kao i

proračun šarnirnog momenta, teško je izvodljiv, pa se pristupilo eksperimentalnom istraživanju. U ovom testu izabrana je geometrijska konfiguracija modela koja je već postojala. Cilj je bio da se odrede ova dva važna parametra. Eksperimentalno testiranje izvedeno je u trisoničnom aerotunelu T-38 Vojnotehničkog instituta. U radu je opisan test koji je izveden, kao i rezultati merenja.

Stabilizacija ugaone brzine valjanja projektila primenom rolerona – osnovni princip rada

Roleroni predstavljaju pomerljive aerodinamičke površine slične eleronima, na kojima je ugrađen prilično masivan ozubljen rotor (sa momentom inercije I_r), koji se obrće pod dejstvom vazdušne struje ugaonom brzinom Ω . Zahvaljujući činjenici da se rotor, zajedno sa aerodinamičkim površinama (eleronima), može otklanjati oko ose obrtanja elerona, on poseduje osobine diferencirajućeg žiroskopa, čija je funkcija smanjenje ugaone brzine valjanja. Obrtanje projektila oko uzdužne ose ugaonom brzinom $\dot{\gamma}$ izaziva otklanjanje rolerona za ugao δ_e . Pri datom otklonu javlja se momenat $M_x^{\delta_e} \delta_e$ i odgovarajuće ugaono ubrzanje $\ddot{\gamma}$, koje je u suprotnom smeru od $\dot{\gamma}$. Na taj način se smanjuje ugaona brzina projektila [1]. Osnovni princip rada rolerona prikazan je na sl. 1.

Jednačina kretanja rolerona može se izraziti u obliku:

$$I_e \frac{d^2 \delta_e}{dt^2} - M_h^{\delta_e} \frac{d\delta_e}{dt} - M_h^{\delta_e} \delta_e = -I_r \cdot \Omega \cdot \dot{\gamma} + M_h^{\alpha} \alpha \quad (1)$$

Ukoliko se pretpostavi da se otklanjanje rolerona može smatrati bezinercionim procesom, dobija se da za jedan roleron važi izraz:

$$I_r \cdot \Omega \cdot \dot{\gamma} = M_h^{\delta_e} \delta_e + M_h^{\alpha} \alpha \quad (2)$$

a za drugi:

$$-I_r \cdot \Omega \cdot \dot{\gamma} = -M_h^{\delta_e} \delta_e + M_h^{\alpha} \alpha \quad (3)$$

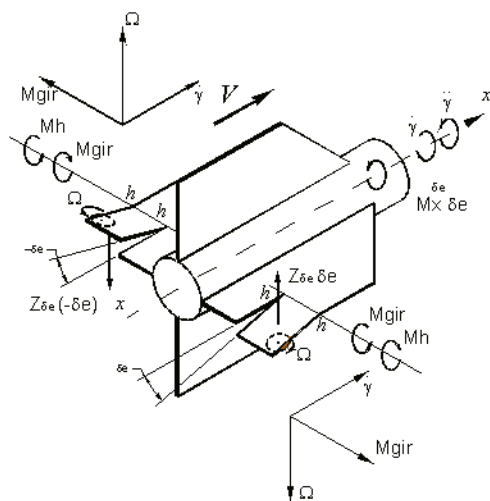
Odavde dobijamo:

$$K_a = \left(\frac{\delta_e}{\dot{\gamma}} \right)_{st} = \frac{I_r \cdot \Omega}{M_h^{\delta_e}} \quad (4)$$

Koeficijent K_a predstavlja faktor pojačanja automata stabilizacije – rolerona. Pošto Ω i $M_h^{\delta_e}$ zavise od dinamičkog pritiska, to koeficijent K_a skoro ne zavisi od visine i brzine leta. Faktor pojačanja rolerona zavisi od njegove konstrukcije, te je mogući dijapazon promena ograničen. Zadatak projektovanja sistema stabilizacije valjanja svodi se na racionalni izbor konstrukcije rolerona i aerodinamičkih karakteristika projektila. Zadovoljavajući rezultati mogu se dobiti primenom rolerona na srazmerno malim projektilima, koji lete u gušćim atmosferskim slojevima. Sam projektil ne sme posedovati velike poremećajne momente valjanja.

Iz jednačine (4) se može naći stvarni ugao otklona rolerona δ_e kao funkcija zadate ugaone brzine valjanja rakete $\dot{\gamma}$:

$$\delta_e = \frac{I_r \cdot \Omega \cdot \dot{\gamma}}{M_h^{\delta_e}} = \frac{I_r \cdot \Omega \cdot \dot{\gamma}}{q_{\infty} \cdot S_r \cdot C_{ar} \cdot C_{h\delta}} \quad (5)$$



Sl. 1 – Osnovni princip rada rolerona

Da bi se izračunao ugao otklona rolerona δ_e prema jednačini (5) potrebno je utvrditi ugaonu brzinu rotora rolerona Ω i koeficijent šarnirnog momenta $C_{h\delta}$ za razne vrednosti dinamičkog pritiska.

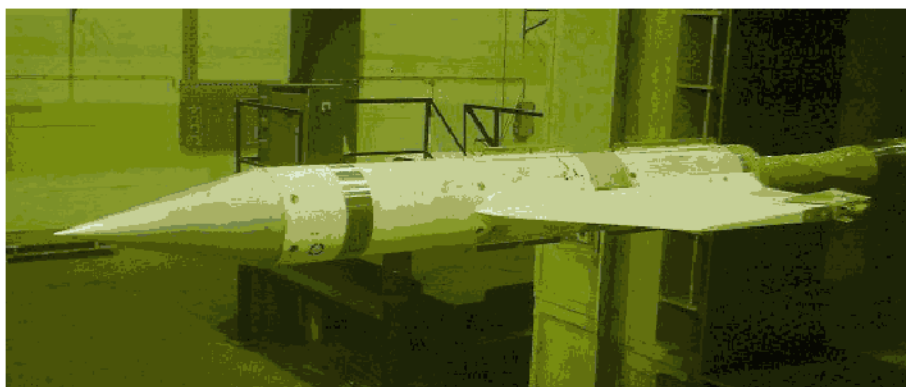
Proračun Ω teško je izvodljiv i može se samo eksperimentom utvrditi. Na osnovu eksperimentalnih merenja Ω i $C_{h\delta}$, prema jednačini (5), moguće je uspostaviti korelaciju između ugaone brzine projektila $\dot{\gamma}$ i ugla otklona rolerona δ_e .

Model polukrila sa roleronom

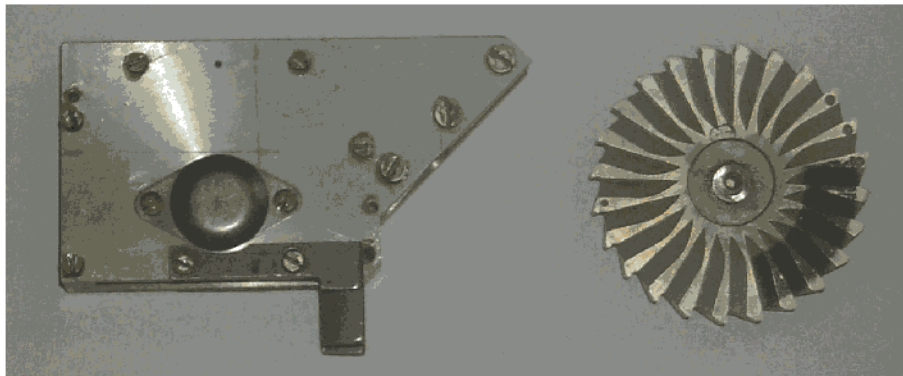
Ispitivani model sastojao se od cilindričnog trupa sa konusnim vrhom i jednog krila sa roleronom. Svi nabrojani delovi modela su originalne komponente rakete. Prečnik modela je 127 mm, a dužina modela 1200 mm. Model polukrila sa roleronom u radnom delu aerotunela T-38 prikazan je na sl. 2.

U strukturi polukrila nalazio se roleron sa ozubljenim rotorom (sl. 3). Konstrukcija rotora rolerona je komplikovana. Rotor se sastoji od kanala po obimu rotora, koji stvaraju rotaciju, i specijalno profilisanih zavojnih kanala ka centru rotacije, koji služe za hlađenje ležaja. Takođe, ispred rotora nalazi se usmerivač vazdušne struje – uvodnik koji je aerodinamički profilisan.

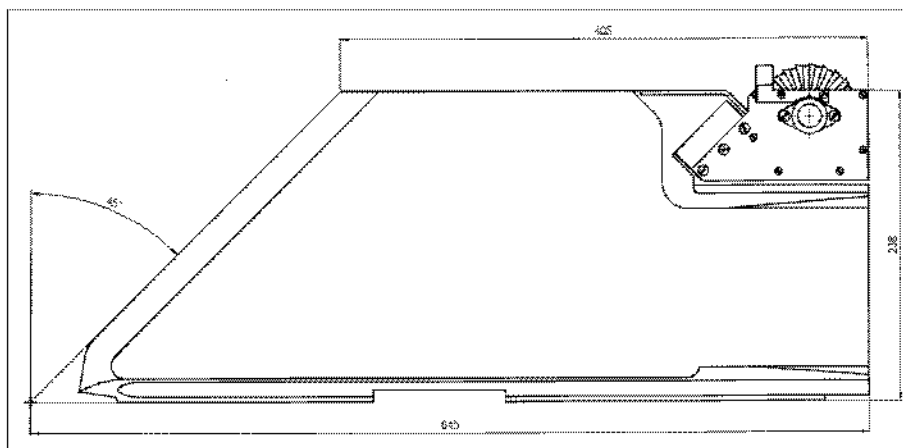
Za potrebe ispitivanja, na mestu gde se merio šarnirni moment, izrađen je nov nosač rolerona u kojem je smeštena trokomponentna aerovaga. Roleron je imao mogućnost diskretnog otklanjanja oko svoje šarnirne ose. Omogućeno je postavljanje rolerona na četiri pozicije definisanih otklona: 0° , 5° , 10° , 15° , koje su



Sl. 2 – Eksperimentalni model sa roleronom u radnom delu aerotunela T-38



Sl. 3 – Roleron sa ozubljenim rotorom



Sl. 4 – Polukrilo sa roleronom

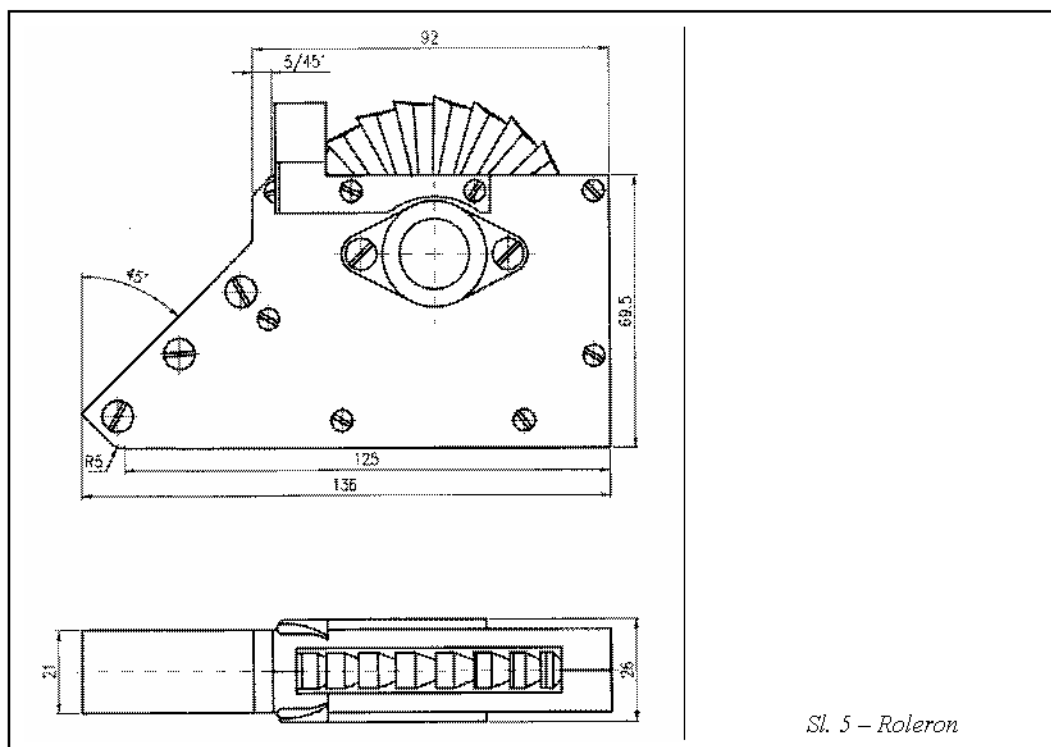
obezbeđene pomoću klinova. Otkloni rolerona definisani su kao pozitivni, ako se, posmatrano duž šarnirne ose, roleron otklanja suprotno od kretanja kazaljke na satu.

Skica polukrila sa roleronom sa osnovnim dimenzijama prikazana je na sl. 4, a skica rolerona sa osnovnim dimenzijama na sl. 5.

U modelu je bila smeštena šesto-komponentna aerovaga, proizvođača ABLE, za merenje aerodinamičkih sila i

momenata na modelu. U nosaču rolerona bila je smeštena trokomponentna aerovaga za merenje aerodinamičkih sila i momenata na roleronu. Osa aerovage poklapala se sa šarnirnom osom rolerona. Na roleronu se nalazio optički davač za merenje broja obrtaja rotora.

Model je preko stinga bio postavljen na mehanizam za promenu napadnog ugla. Površina u planu modela bila je u skladu sa preporučenim odnosima s obzirom na površinu radnog dela aerotunela.



Sl. 5 – Roleron

Aerotunel T-38

Aerotunelsko postrojenje T-38 u Vojnotehničkom institutu je rafalnog tipa sa natpritiskom i radnim delom kvadratnog poprečnog preseka dimenzija $1,5 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$. Za podzvučna i nadzvučna ispitivanja koristi se radni deo sa glatkim zidovima, dok se za transonična ispitivanja u konfiguraciju ubacuje radni deo sa poroznim zidovima. Poroznost zidova se može menjati između 1,5% i 4%, zavisno od Mahovog broja, da bi se postigao najbolji kvalitet strujanja.

U radnom delu može se postići Mahov broj u intervalu 0,2 do 4,0, dok Reynoldsov broj može dostići 110 miliona/metru. U podzvučnoj konfiguraciji Mahov broj se podešava bočnim kopcima u difuzoru, a u nadzvučnoj konfiguraciji

postavljanjem odgovarajuće konture fleksibilnog mlaznika. U transoničnoj konfiguraciji Mahov broj se reguliše bočnim kopcima, konturom mlaznika i aktivno kontrolisanim sistemom odsisavanja kroz porozne zidove, a može se postaviti i regulisati u okviru 0,3% nominalne vrednosti.

Zaustavni pritisak u radnom delu može da se održava u intervalu 1,1 bar do 15 bara, u zavisnosti od Mahovog broja i regulisati u okviru 0,5% nominalne vrednosti.

Trajanje duvanja može biti od 6 s do 60 s, u zavisnosti od Mahovog broja i zaustavnog pritiska.

U radnom delu aerotunela model se preko repnog držača postavlja na mehanizam koji obezbeđuje kretanje po propinjanju i valjanju, tako da se mogu postići

željeni aerodinamički uglovi. Postrojenje omogućava kretanje modela u diskretnom i kontinualnom modu tokom merenja. Tačnost postavljanja modela na traženi položaj je $0,05^\circ$ po uglu propinjanja i $0,25^\circ$ po uglu valjanja.

Opis merenja i instrumentacije

Merenje u aerotunelu izvedeno je u dve faze: merenje broja obrtaja rotora rolerona i merenje šarnirnog momenta, pomoću specijalno konstruisane aerovage koja je postavljena na mesto osovine koja nosi roleron.

Broj obrtaja ozubljenog rotora rolerona meri se optičkim davačem, postavljenim u blizini rotora rolerona (sl. 6). Optički davač davao je naizmenični signal čija je učestanost proporcionalna broju obrtaja rotora. Rotor rolerona ima 24 zupca, od kojih je 12 bilo obojeno u crno, a 12 je ostalo belo. Pri prolasku dela rotora sa crno obojenim zupcima pored optičkog davača on je davao signal, a pri prolasku dela sa belim zupcima signal sa davača bio je nulti. Jedna električna peri-

oda davača odgovarala je jednom obrtu rolerona. Da bi se odredila osetljivost davača i proverilo ispravno funkcionisanje izvedeno je preliminarno baždarenje.

Iza optičkog davača postavljen je frekventno-naponski pretvarač koji je dobijeni signal pretvarao u napon koji se merio. Usrednjavanjem naponskog signala u željenom segmentu uzimanja podataka i množenjem sa baždarnim koeficijentom dobijao se broj obrtaja rotora rolerona. Opseg davača je 1100 Hz, a tačnost frekventno-naponskog pretvarača je 0,3% punog opsega.

Izabrana je optimalna brzina uzimanja podataka. Ispitivanje je izvršeno bez promene napadnog ugla modela (model je bio na nultom napadnom uglu). Formiran je mod rada, koji je omogućio dvadesetak segmenata uzimanja podataka, pri čemu je dobijena vrednost broja obrtaja rolerona za svaki segment. Ukupno vreme trajanja rafala iznosilo je oko 16 s. Na taj način bilo je moguće pratiti ubrzavanje rotora rolerona, odnosno broj obrtaja u svakom segmentu tokom vremena duvanja.



Sl. 6 – Optički davač u blizini rotora rolerona

Zbog velike površine polukrila i nepouzdanih veza na originalnim komponentama rakete i deo ispitivanja sa trokomponentnom aerovagom izvršen je bez promene napadnog ugla modela.

Aerodinamičke sile i momenti na roleronu mereni su specijalno konstruisanom unutrašnjom trokomponentnom aerovagom sa mernim trakama, sl. 7. Aerovaga je projektovana, proizvedena i izbaždarena u sektoru eksperimentalne aerodinamike [3]. Njen nominalni opseg za merenje normalne sile je 470 N, momenta valjanja (šarniri moment rolerona) 20 Nm, a momenta propinjanja 20 Nm. Tačnost aerovage je približno 0,2% punog opsega.

Za potrebe ovog dela ispitivanja, prema originalnom nosaču rolerona napravljen je novi koji je omogućio prihvrat trokomponentne aerovage i obezbeđivao postavljanje rolerona na željeni ugao otklona. Aerovaga je postavljena u novi nosač rolerona, tako da se osa aerovage poklapala sa šarnirnom osom rolerona. Veza aerovage sa krilom predviđena je i izvedena kao veza originalnog nosača rolerona i polukrila. Uparivanjem odgovarajućih žlebova na nosaču i aerovagi obezbeđena su četiri međusobna položaja, u skladu sa definisanim otklonima rolerona. Veza na tim mestima za svaki otklon rolerona ostvarena je pomoću klina, a pritezanje pomoću kontranavrtke. Ispitivanje je izvršeno u istom modu rada kao i ispitivanje sa optičkim davačem.

Tokom ispitivanja korišćena je standardna merna oprema aerotunela T-38 za merenje parametara strujanja i položaja modela. Aerodinamičke sile i momenti na modelu mereni su unutrašnjom šestokomponentnom aerovagom ABLE 2,5 Mk XXV C sa mernim trakama. Nominalni



Sl. 7 – Trokomponentna aerovaga

opseg aerovage za merenje momenta valjanja je 565 Nm. Sistem za prikupljanje podataka sastojao se od 64-kanalnog sistema tipa TELEDYNE pod kontrolom PC računara. Podaci sa svih analognih kanala digitalizovani su AD konvertorom, zatim primani na računar ALPHA SERVER DS20E preko brzog prijemnika i zapisivani na disk za kasniju obradu.

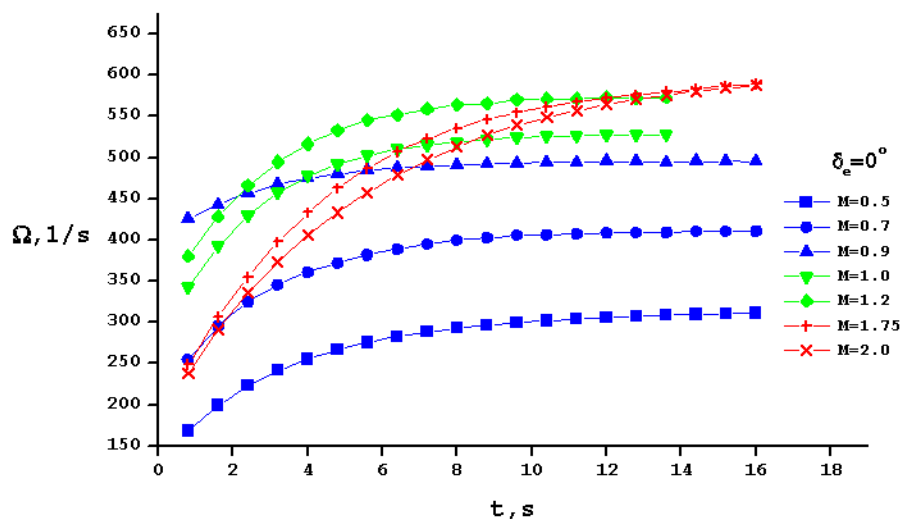
Rezultati merenja

Rezultati merenja prikazani su u tabelama i na dijagramima.

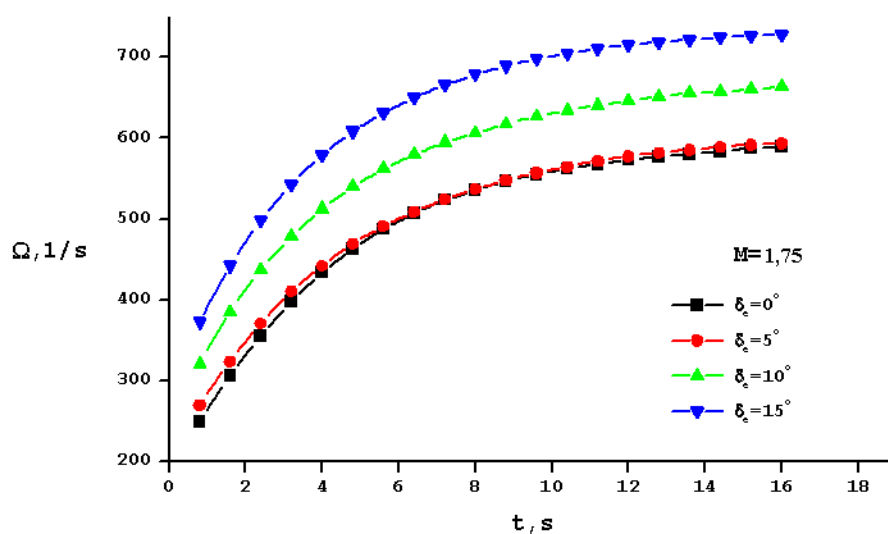
U prvom delu ispitivanja određen je broj obrtaja rotora rolerona na Mahovim brojevima od 0,5 do 2,0, pri ukupnom napadnom uglu modela 0° , uglu valjanja 0° i otklonima rolerona 0° , 5° , 10° i 15° . Određene su i aerodinamičke karakteristike modela polukrila sa roleronom [2].

U drugom delu ispitivanja određene su aerodinamičke karakteristike rolerona, prvenstveno koeficijent šarnirnog momenta, na Mahovim brojevima 0,5, 1,0 i 1,75 pri otklonima rolerona 0° , 5° , 10° i 15° [4].

Promena broja obrtaja rotora rolerona nultog otklona tokom vremena u funkciji Mahovog broja prikazana je na dijagramu na sl. 8.



Sl. 8 – Broj obrtaja rotora rolerona nultog otklona u funkciji Mahovog broja



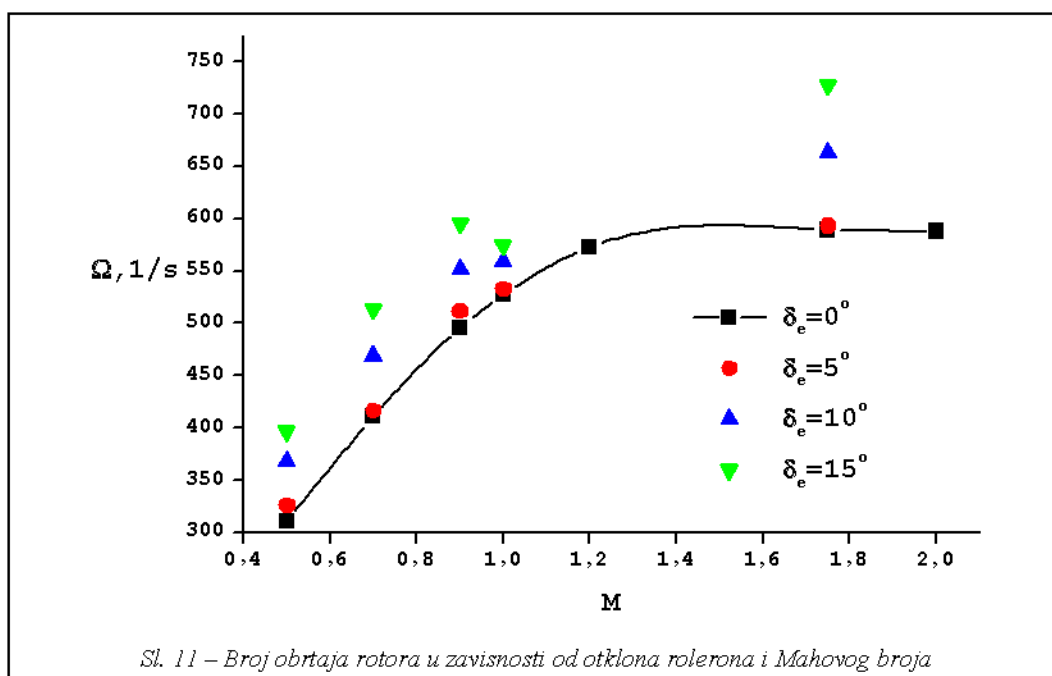
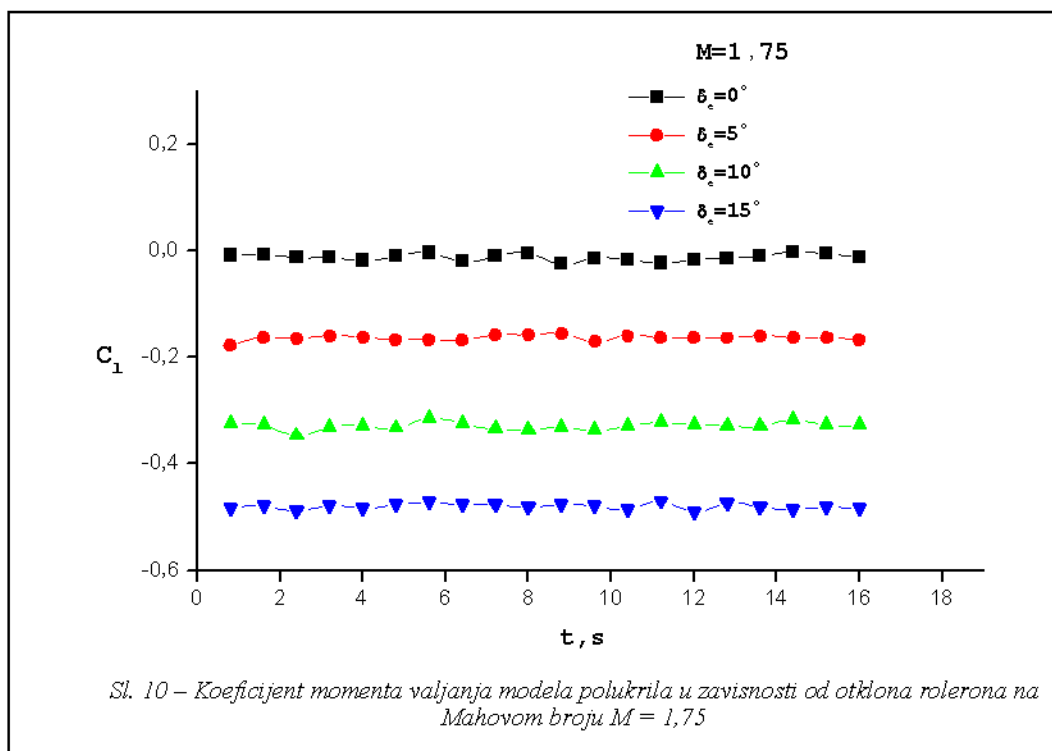
Sl. 9 – Broj obrtaja rotora u zavisnosti od otklona rolerona na Mahovom broju $M = 1,75$

Promena broja obrtaja rotora rolerona tokom vremena u zavisnosti od otklona na izabranom Mahovom broju $M = 1,75$ prikazana je na dijagramu na sl. 9.

Promena koeficijenta momenta valjanja modela polukrila u zavisnosti od otklo-

na rolerona na Mahovom broju $M = 1,75$ prikazana je na dijagramu na sl. 10.

Maksimalno dostignuti broj obrtaja rotora tokom merenja u funkciji Mahovog broja i otklona rolerona prikazani su u tabeli 1 i na dijagramu na sl. 11.



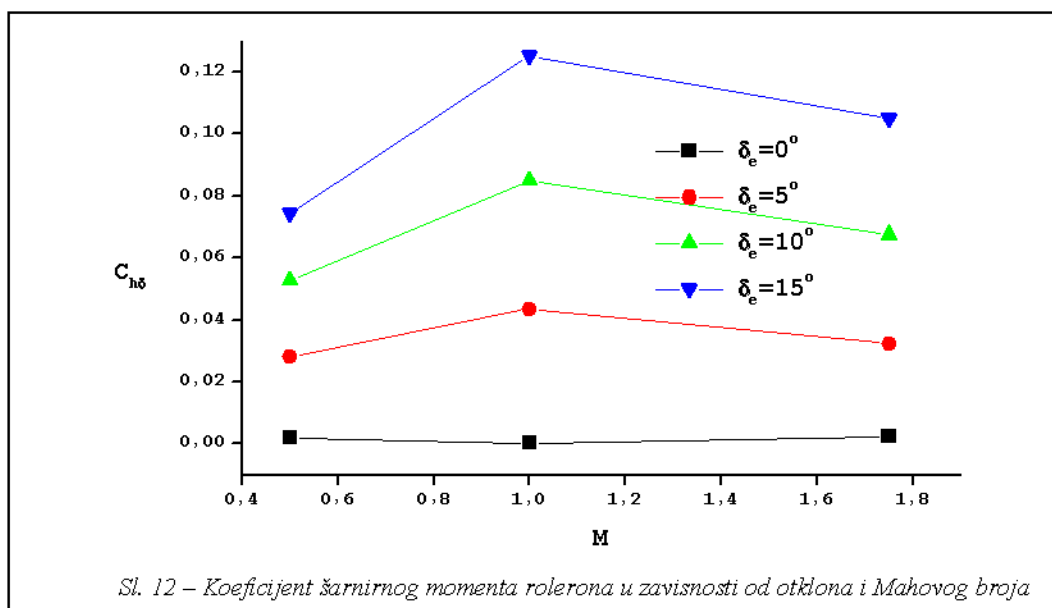


Tabela 1

δ_e	0°	5°	10°	15°
M	Broj obrtaja rotora rolerona $\Omega, 1/s$			
0,5	311	326,1	367,5	396,4
0,7	411	416,6	468,8	513
0,9	495,3	511,9	551,1	595,5
1,0	527,2	533,1	559	574,1
1,2	572,9	—	—	—
1,75	589,4	593,6	663	727,9
2,0	588	—	—	—

Rezultati merenja koeficijenta šarnirnog momenta rolerona u zavisnosti od otklona i Mahovog broja prikazani su u tabeli 2 i na dijagramu na sl. 12.

Tabela 2

δ_e	0°	5°	10°	15°
M	Koeficijent šarnirnog momenta rolerona $C_{h\delta}$			
0,5	0,0019	0,0281	0,0527	0,0744
1,0	0,0002	0,0435	0,0849	0,1252
1,75	0,0023	0,0323	0,0674	0,1050

Rezultati merenja koeficijenta momenta valjanja modela polukrila sa roleronom prikazani su u tabeli 3 i na dijagramu na sl. 13.

Tabela 3

δ_e	0°	5°	10°	15°
M	Koeficijent momenta valjanja modela polukrila C_l			
0,5	-0,0505	-0,2786	-0,5411	-0,7224
1,0	-0,0248	-0,2991	-0,5799	-0,8342
1,75	-0,0236	-0,1733	-0,3092	-0,4533

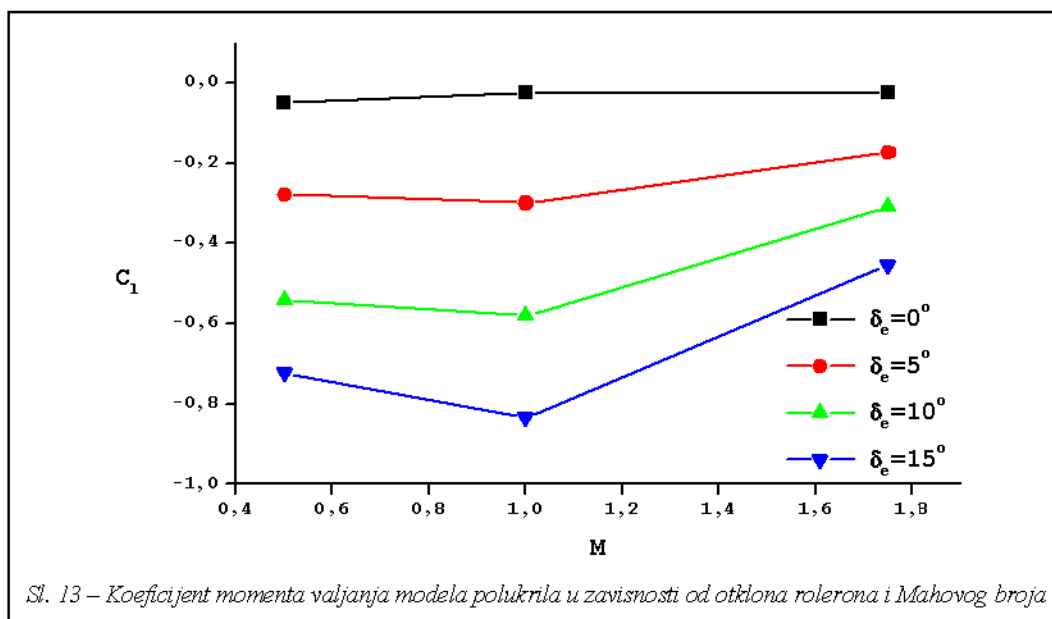
Zaključak

Na osnovu sprovedenih merenja broja obrtaja rolerona i koeficijenta šarnirnog momenta, prema jednačini (5), moguće je uspostaviti korelaciju između ugaone brzine projektila i ugla otklona rolerona.

Dobijeni rezultati merenja pokazuju da je maksimalan broj obrtaja rotora oko 730/s na Mahovom broju 1,75 i pri otklonu rolerona od 15°.

Koeficijent šarnirnog momenta rolerona je maksimalan na Mahovom broju 1,0, pri otklonu rolerona od 15°.

Efekat smanjenja ugaone brzine valjanja modela sa povećanjem ugla otklona rolerona potvrđen je merenjem momenta valjanja.



Dobijeni rezultati merenja pokazali su dobro slaganje sa podacima dobijenim od naručioca ispitivanja koji su rezultat preliminarog teorijskog proračuna.

Pri budućem projektovanju sličnih projektila koji koriste rolerone, kao prihvaćena rešenja za stabilizaciju ugaone brzine valjanja, eksperimentalna aerodinamika Vojnotehničkog instituta može da podrži zadatak u pogledu merenja broja obrtaja i aerodinamičkih karakteristika rolerona, kao i projektovanja i izrade neophodne meme opreme.

Korišćene oznake:

M – Mahov broj u radnom delu aerotunela T-38

q – dinamički pritisak u radnom delu

δ_e – ugao otklona rolerona

S_r – površina rolerona

C_{ar} – srednja aerodinamička tetiva rolerona

$C_{h\delta}$ – statički derivativ koeficijenta šarnirnog momenta po otklonu rolerona

C_1 – koeficijent momenta valjanja

I_r – moment inercije rotora rolerona

I_e – moment inercije rolerona

Ω – ugaona brzina rolerona

$\dot{\gamma}$ – ugaona brzina rakete oko uzdužne ose

$\ddot{\gamma}$ – ugaono ubrzanje rakete oko uzdužne ose

K_a – faktor pojačanja automata stabilizacije rolerona

M_h – šarnirni moment rolerona

M_{gi} – žiroskopski moment rolerona

M_x – moment valjanja projektila

Z – sila uzgona rolerona

V – brzina

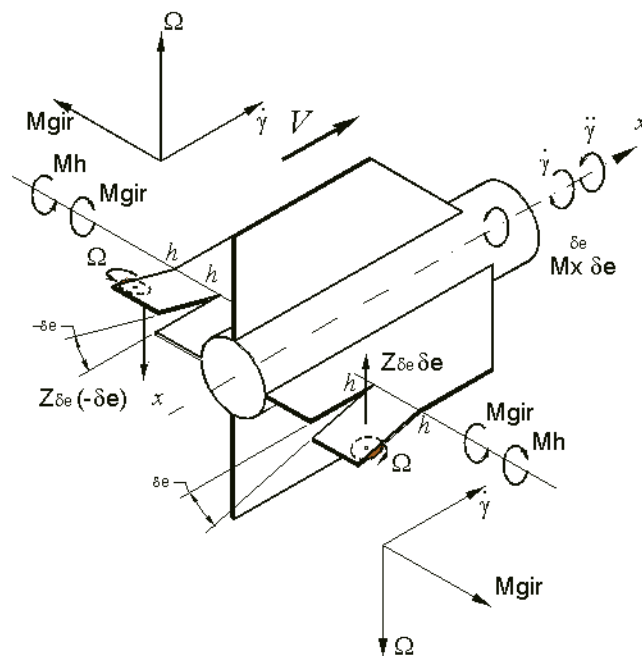
h – šarnirna osa

x – uzdužna osa projektila

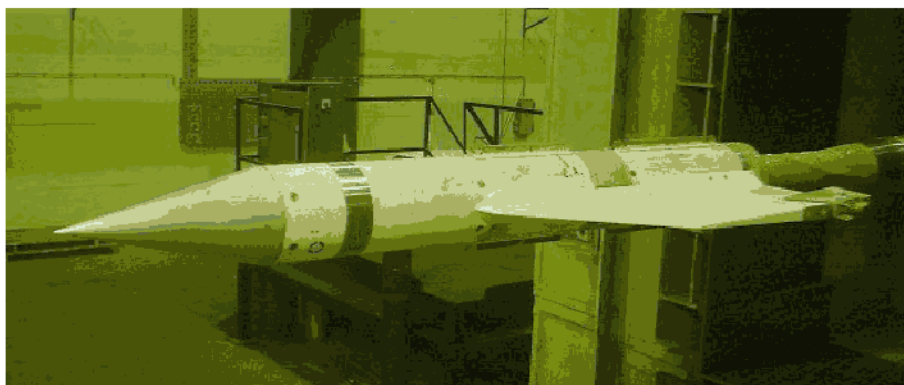
∞ – oznaka za parametre neporemećenog strujanja.

Literatura:

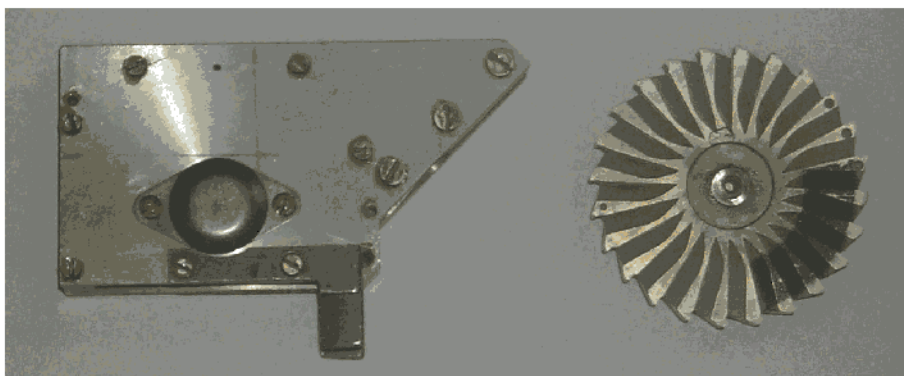
- [1] Minović, S.: Dinamika sistema vođenja i upravljanja projektila
- [2] Damjanović, D., Vitić, A.: Ispitivanje modela polukrila sa roleronom na Mahovim brojevima 0,5 do 2,0 u aerotunelu T-38, Vojnotehnički institut, interni izveštaj, 2005.
- [3] Marinkovski, D., Damjanović, D.: Proračun i baždarenje trokomponentne aerovage za ispitivanje rolerona, Vojnotehnički institut, interni izveštaj, 2005.
- [4] Damjanović, D.: Ispitivanje rolerona pomoću trokomponentne aerovage na Mahovim brojevima 0,5, 1,0 i 1,75 u aerotunelu T-38, Vojnotehnički institut, interni izveštaj, 2005.



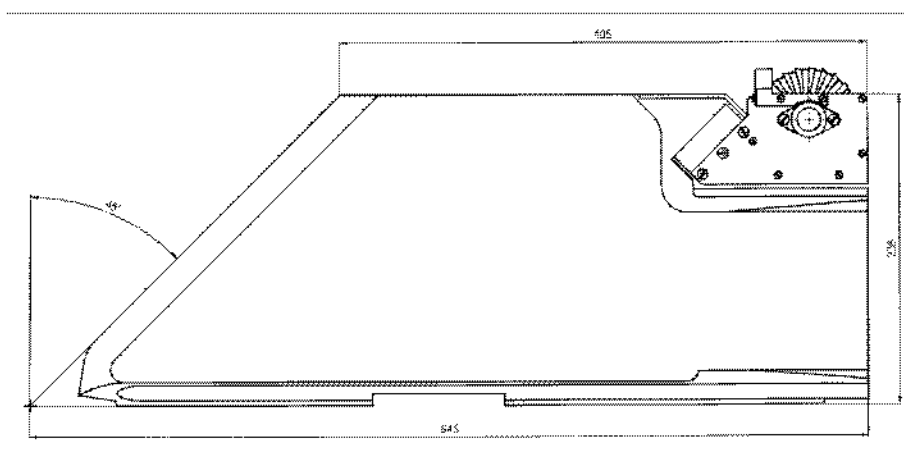
Sl. 1 – Osnovni princip rada rolerona



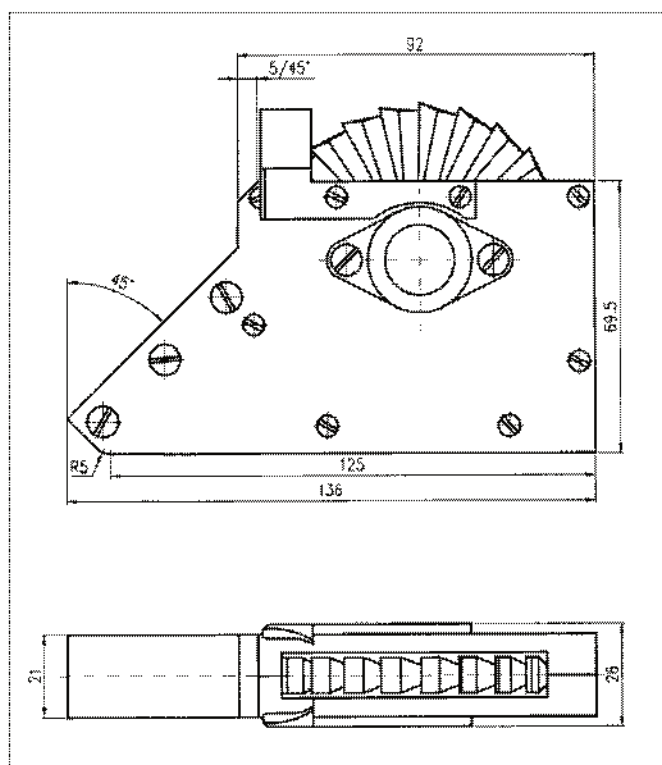
Sl. 2 – Eksperimentalni model sa roleronom u radnom delu aerotunela T-38



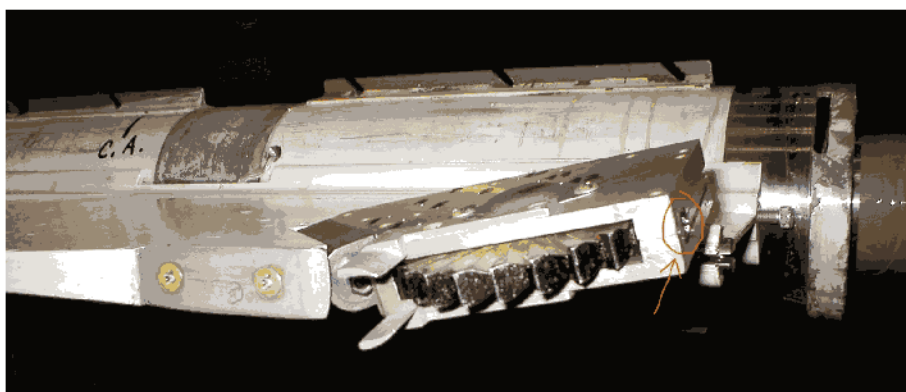
Sl. 3 – Roleron sa ozubljenim rotorom



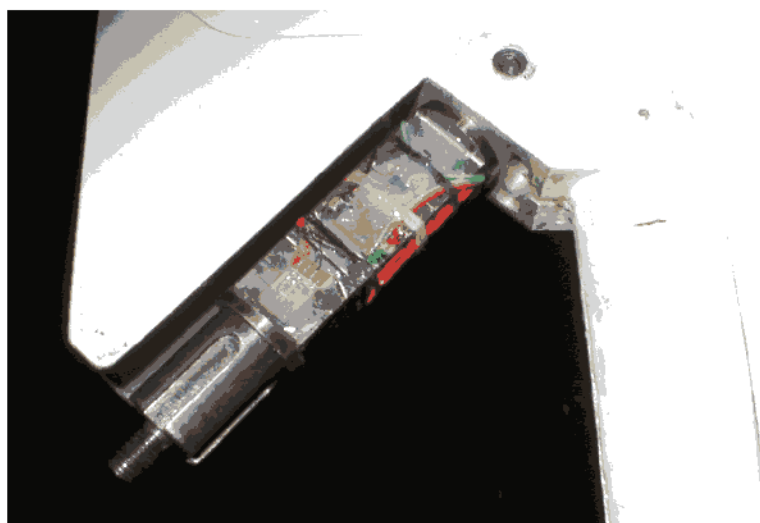
Sl. 4 – Polukrilo sa roleronom



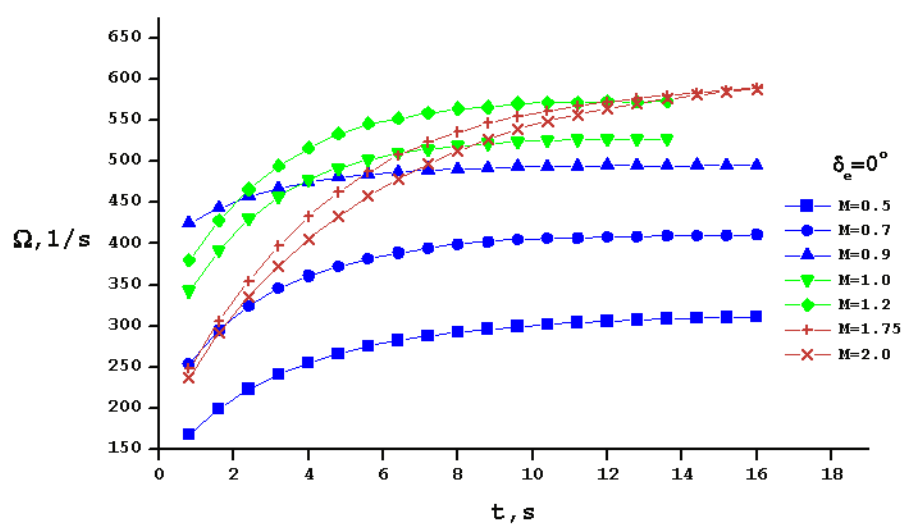
Sl. 5 – Roleron



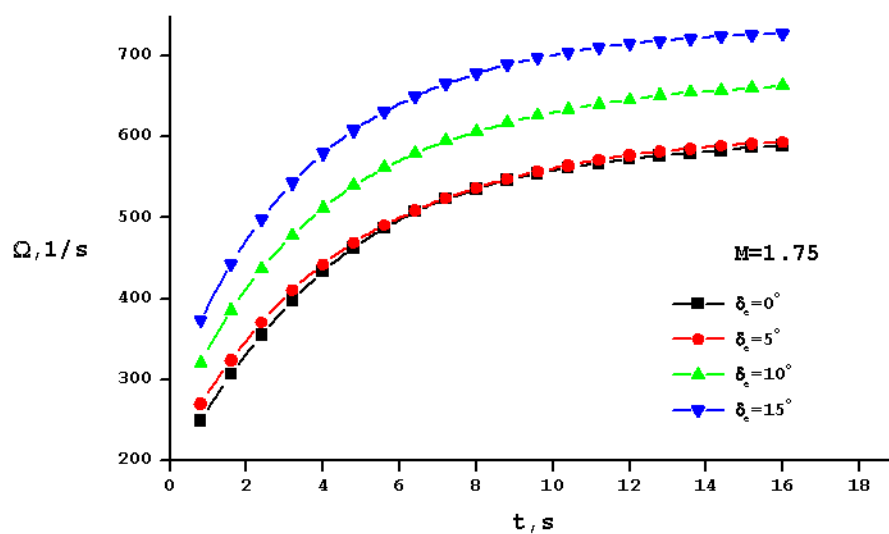
Sl. 6 – Optički davač u blizini rotora rolerona



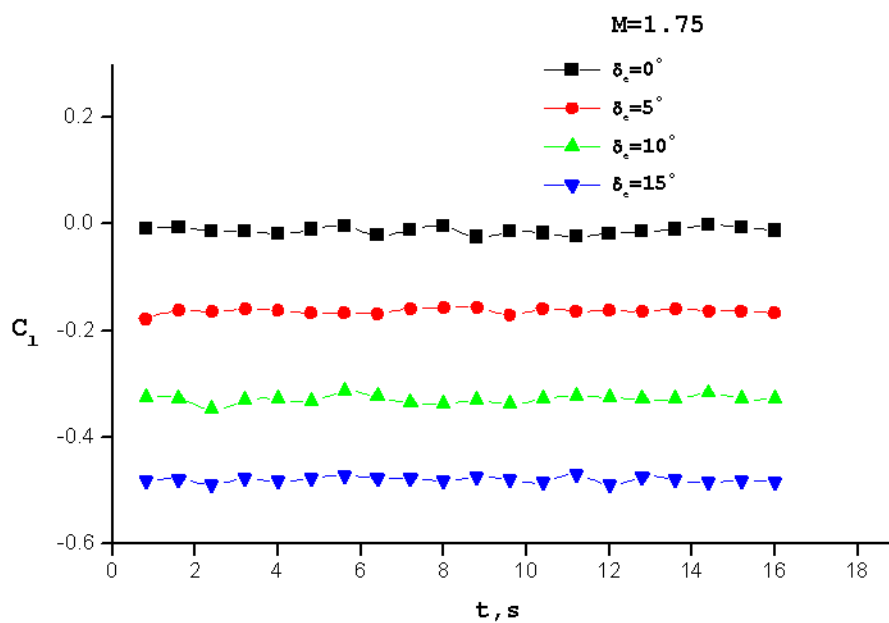
Sl. 7 – Trokomponentna aerovaga



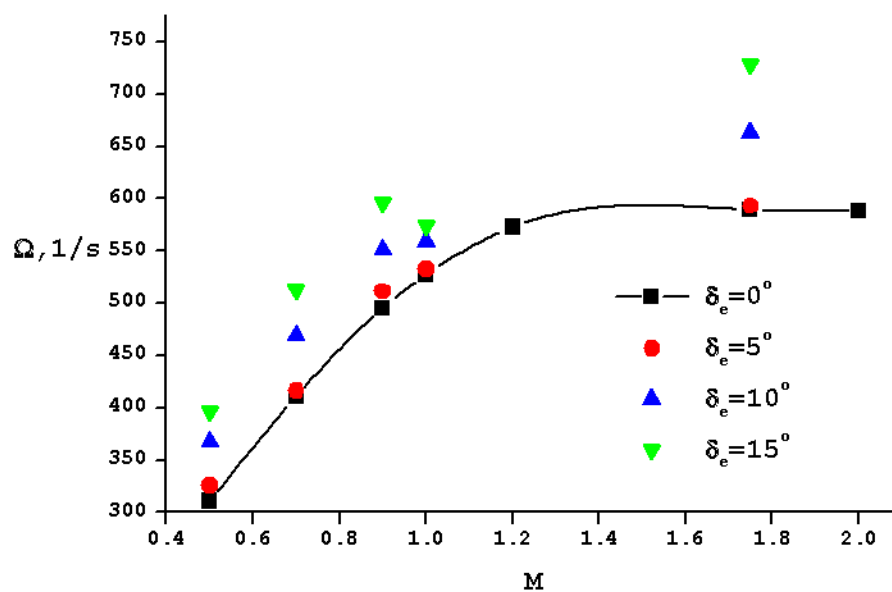
Sl. 8 – Broj obrtaja rotora rolerona nultog otklona u funkciji Mahovog broja



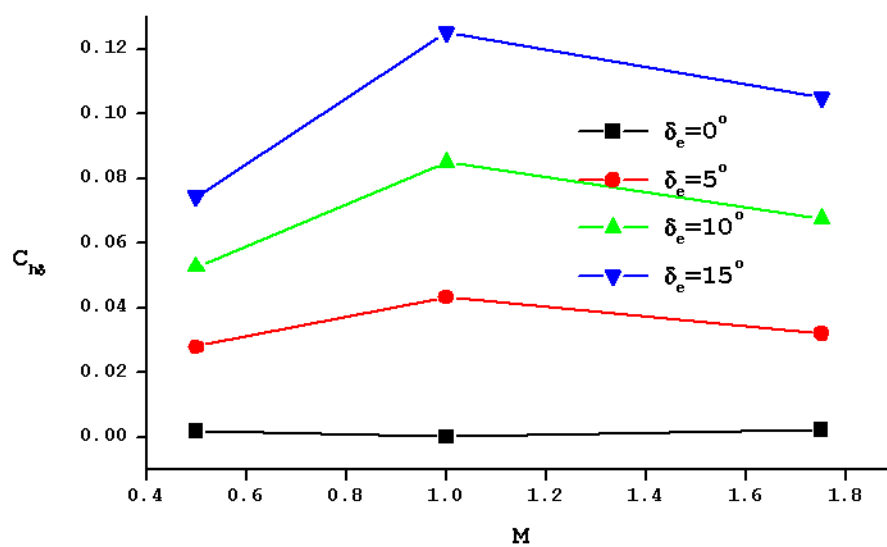
Sl. 9 – Broj obrtaja rotora u zavisnosti od otklona rolerona na Mahovom broju $M = 1,75$



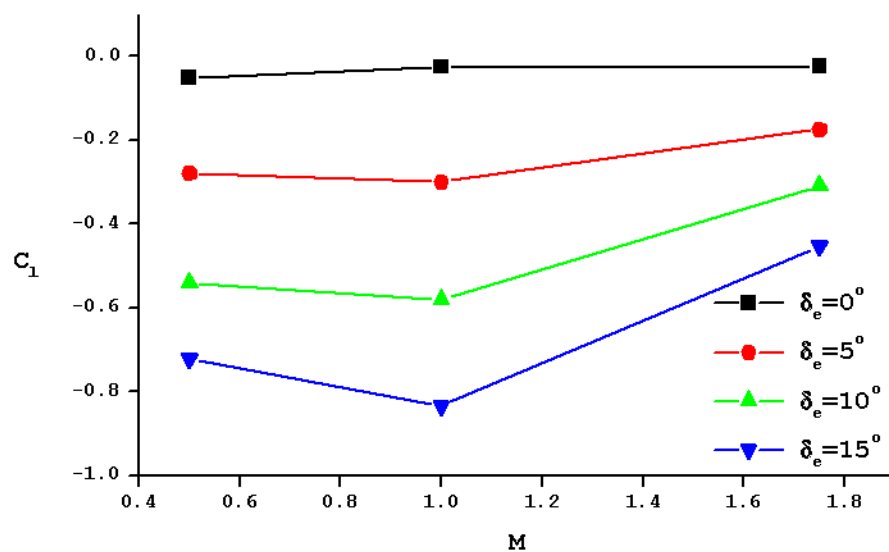
Sl. 10 – Koeffcijent momenta valjanja modela polukrila u zavisnosti od otklona rolerona na Mahovom broju $M = 1,75$



Sl. 11 – Broj obrtaja rotora u zavisnosti od otklona rolerona i Mahovog broja



Sl. 12 – Koeffcijent šarnirnog momenta rolerona u zavisnosti od otklona i Mahovog broja



Sl. 13 – Koefficijnt momenta valjanja modela polukrila u zavisnosti od otklona rolerona i Mahovog broja

Mr Slobodan Simić,
kapetan, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

ANALIZA KONTINUALNIH FREKVENCIJSKI MODULISANIH RADARSKIH SIGNALA PRIMENOM VREMENSKO-FREKVENCIJSKIH TRANSFORMACIJA I KORELACIONIH TEHNIKA

UDC: 621.396.962.2

Rezime:

U radu su analizirana dva metoda za detekciju i procenu parametara radarskih signala s malom verovatnoćom presretanja, pri čemu ne postoji saradnja između prijemnika i predajnika. Prvi algoritam čini analiza signala pomoću vremensko-frekvencijskih transformacija zajedno sa tehnikama za prepoznavanje oblika. U osnovi drugog algoritma detekcije je procena periodične autokorelacione funkcije. Analizirani su kontinualni frekvencijski modulirani radarski signali (FMCW), često primenjivani u radarima s malom verovatnoćom presretanja. Korišćeni su test-signal, dobijeni eksperimentalnim putem. Realizovan je eksperiment s realnim predajnikom i prijemnikom FMCW signala, a rezultati obrade primljenih signala prikazani su u radu.

Ključne reči: FMCW signal, vremensko-frekvencijske transformacije, periodična autokorelaciona funkcija.

FMCW RADAR SIGNAL ANALYSIS BY TIME-FREQUENCY REPRESENTATIONS AND CORRELATION TECHNIQUES

Summary:

Two LPI signal detection and parameter estimation methods are analyzed in a non-cooperative context. The first method is based on the time-frequency signal analysis along with pattern recognition techniques. The second one is based on the estimation of a periodic autocorrelation function. Frequency modulation continuous wave (FMCW) signals are analyzed as a class of waveforms often used in LPI radars. Experimentally obtained signals are used in tests. An experiment with a real FMCW signal transceiver and a receiver is carried out and the obtained signal analysis results are presented.

Key words: FMCW signal, time-frequency representations, periodically autocorrelation function.

Uvod

Velika vrednost proizvoda trajanja impulsa i širine zauzetog frekvencijskog opsega (TB, Time-Bandwidth product) upotrebljenog talasnog oblika (10 000–100 000), pruža mogućnost LPI radaru da emituje signal sa niskim nivoom srednje snage (<10W za domete do 15 km [1]), jer radarski prijemnik ostvaruje procesno pojačanje reda 40–50 dB. To znači da je

signal moguće registrovati sa zadovoljavajućom verovatnoćom detekcije, iako je odnos signal/šum na ulazu u radarski prijemnik vrlo mali (<–40 dB).

Dalje, LPI radari koriste antene sa vrlo niskim nivoom bočnih lobova (<–40 dB), pa je presretanje po bočnim snopovima sa velikih rastojanja (nekoliko puta većih od dometa radara) otežano. Vrednost odnosa signal/šum na ulazu u presretački prijemnik u ovom slučaju je reda

-10 dB, pa konvencionalni energetska detektori ne mogu da registruju ovakav radar ni sa mnogo kraćih rastojanja, reda dometa radara [1, 2].

U ovom radu prikazani su rezultati primene dva metoda za detekciju i procenu parametara na nepoznate LPI radarske signale. U osnovi prvog metoda je procena periodične autokorelacione funkcije (PACF) [2, 3, 4], a u drugom se koriste vremensko-frekvencijske transformacije, TFR (Time Frequency Representation) [1, 2]. Ovi algoritmi sastavni su deo softvera koji savremenim presretačkim prijemnicima obezbeđuje: veće procesno pojačanje pri detekciji LPI radarskih signala; procenu širokog skupa parametara, dovoljnog za kvalitetnu klasifikaciju, kao i sintezu efikasnog ometačkog signala. S obzirom na to da se akvizicija i obrada signala vrši pre detektora ovojnice, ovakvi načini obrade spadaju u grupu koherentnih metoda. Prvi metod može se razvrstati i u kroskorelacione metode, s tim što se ne zahtevaju dva kanala [2].

Model FMCW signala

Za LPI radare, kao i za konvencionalne radare, vrlo je važno da autokorelaciona funkcija (ACF) primenjenog talasnog oblika ima niske nivoe bočnih lobova. Na taj način izbegava se maskiranje glavnih pikova slabijih ciljeva bočnim lobovima izraženih ciljeva. Širina spektra, obrnuto srazmerna trajanju podimpulsa, određuje rezoluciju po daljini. Kontinualni signal sa linearnom frekvencijskom modulacijom (LFM-CW), koji zadovoljava navedeni uslov, ustalio se kao jedan od najpopularnijih LPI talasnih oblika zbog relativno jednostavne reali-

zacije predajnika i prijemnika. Sa razvojem platformi za digitalnu obradu signala, i ostali FMCW i PSK talasni oblici postali su atraktivni za projektante radara. Ova raznolikost mogućih radarskih signala usložila je projektovanje sistema za elektronsko ratovanje. Sofisticirani digitalni prijemnici koriste brojne algoritme, pri čemu svaki od njih, uglavnom, pokriva samo određeni skup mogućih tipova radarskih signala na ulazu u prijemnik. U radu su analizirani neki periodični FMCW signali.

Linearni FMCW signal prikazan je sledećom relacijom:

$$s(t) = A e^{j(2\pi f_0 t + \pi k t^2)},$$

$$t \in [(2n-1)T/2, (2n+1)T/2], \quad (1)$$

$$n \in Z, \quad k = \frac{B}{T}$$

gde je:

A – amplituda,
 f_0 – frekvencija signala nosioca,
 B – širina zauzetog frekvencijskog opsega,
 T – modulacioni period.

Sinusni FMCW signal modeluje se na sledeći način:

$$s(t) = A e^{j\left(2\pi f_0 t + b \sin\left(\frac{2\pi t}{T}\right)\right)},$$

$$t \in [(2n-1)T/2, (2n+1)T/2], \quad (2)$$

$$n \in Z, \quad b = \frac{TB}{2}$$

Signal primljen presretačkim prijemnikom predstavlja smešu korisnog signala $s(t)$ i šuma $n(t)$:

$$r(t) = s(t) + n(t) \quad (3)$$

Odnos signal/šum definiše se kao:

$$\rho = \frac{\bar{s}}{N} = \frac{A^2}{\sigma^2} \quad (4)$$

gde je:

σ^2 – varijansa kompleksnog šuma, a

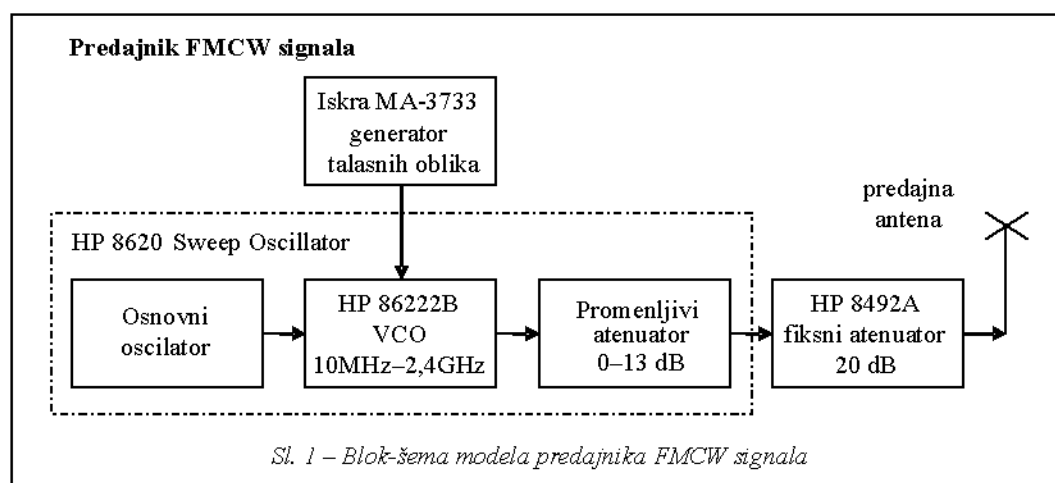
$\bar{s}$ – srednja snaga signala.

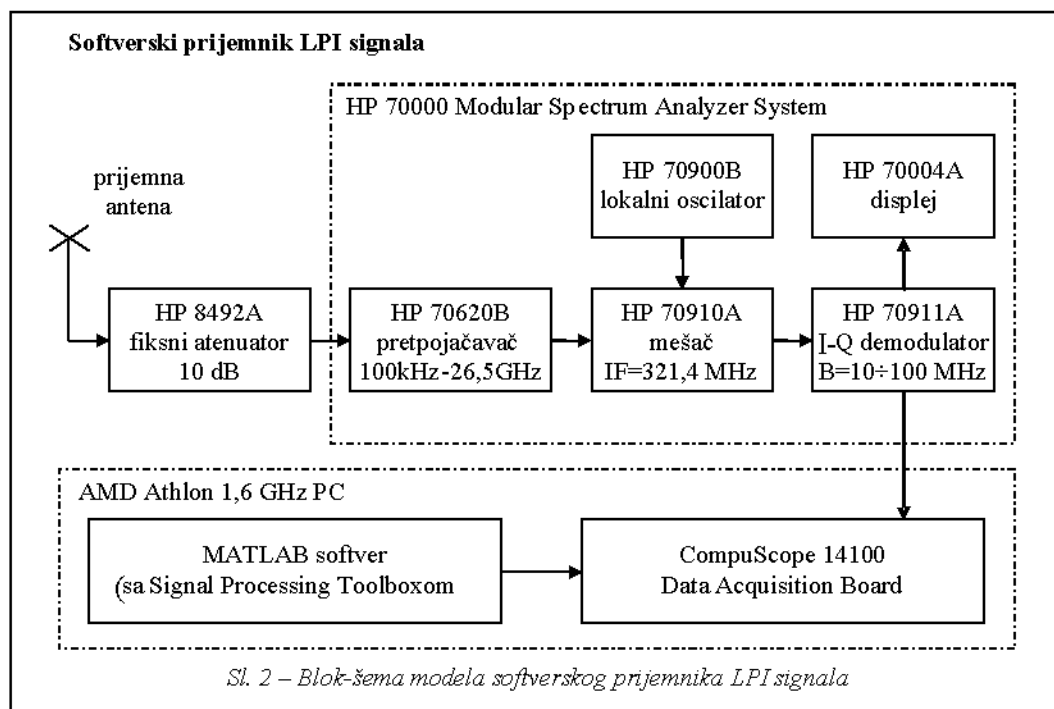
Eksperimentalni model scenarija sukoba LPI radar – presretač

Radi dobijanja test-signala, istovetnih sa realnim LPI radarskim signalima, realizovani su funkcionalni modeli predajnika FMCW signala i softverskog prijemnika LPI signala. Postavka omogućuje prijem kontinualnog, frekvencijski modulisanog signala koji se prostire kroz slobodni prostor. Blok-šeme predajnika i prijemnika prikazane su redom na slikama 1 i 2.

Za generisanje FMCW signala upotrebljen je HP 8620 Sweep Oscillator. Frekvencija osnovnog oscilatora ovog uređaja podešena je na 2,19 GHz, što nije tipič-

no za LPI radare. Oni, uglavnom, rade u višim frekvencijskim opsezima [1]. Međutim, to nema uticaja na verifikaciju predloženog algoritma, jer se akvizicija i obrada podataka obavlja u osnovnom opsegu. Predajnik sadrži naponski kontrolisani oscilator HP 86222B (VCO – Voltage Controlled Oscillator), kojim se upravlja pomoću generatora talasnih oblika tipa MA 3733. Frekvencija signala na izlazu iz ovog generatora podešena je na 2 kHz, tako da period FMCW signala iznosi 0,5 ms (PRI = 0,5 ms, što je reda veličine PRI kod LPI radara). Amplituda signala na izlazu iz generatora MA 3733 podešena je tako da FMCW signal zauzima frekvencijski opseg širine 17 MHz, što rezultira TB proizvodom u iznosu od 8500 (TB = $0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 17 \cdot 10^6 = 8500$, što je reda veličine TB proizvoda kod LPI radara). Prijemnik je podešen tako da je centralna frekvencija propusnog opsega 2,18 GHz, a njegova širina 26,1 MHz, što odgovara jednom kanalu hipotetičkog kanalskog prijemnika (channelized receiver; na primer, opseg od 16 GHz pokriven je sa $8 \times 10 \times 8 = 640$ kanala po 25 MHz).





Fiksno slabljenje, koje je posledica propagacije u slobodnom prostoru, ostvareno je odgovarajućim položajem antena, uz dva fiksna atenuatora (20 dB na strani predajnika i 10 dB na strani prijemnika). Predajna snaga menjana je pomoću atenuatora ugrađenog u predajnik, kako bi se postigli različiti nivoi snage signala na ulazu u prijemnik, koji odgovaraju različitim daljinama detekcije. Na taj način ostvarene su različite vrednosti odnosa signal/šum na ulazu u prijemnik, pri nepromenjenim ostalim parametrima. Tako su modelovane različite udaljenosti radar-presretač. Postojeći promenljivi atenuator u sklopu predajnika HP 8620C može kontinualno da uzima vrednost iz opsega [0, 13] dB. To znači da se nivo predajne snage, a time i vrednost odnosa signal/šum na ulazu u prijemnik, može menjati u opsegu širine 13 dB. Antene su

postavljene tako da, pri izabranim vrednostima fiksnih atenuatora, opseg u kome se menja ovaj odnos iznosi [−13, 0] dB. Iz tabele 2 [2] vidi se da ove vrednosti odnosa signal/šum nastaju na daljinama radar-presretač od 100 km (−13 dB) i 25 km (−1 dB), ako radar emituje signal snage 1W, sa odgovarajućim parametrima prijemnika kao u primeru iz [2].

Na slici 3 prikazan je predajnik FMCW, a na slici 4 analogni deo prijemnika, HP 70000 Modular Spectrum Analyzer System s fiksnim atenuatorom i antenom. Digitalni deo prijemnika čini PC računar (slike 5 i 6) sa PCI akvizicijskom karticom CompuScope 14100.

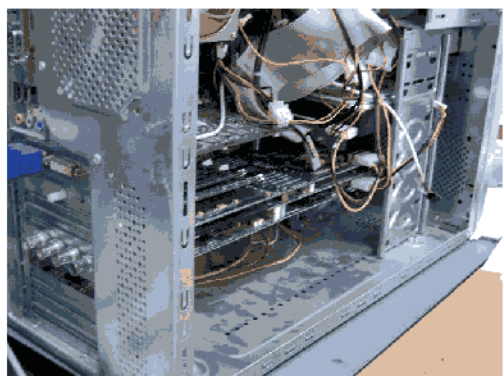
Korišćene su tri vrste talasnih oblika na izlazu iz generatora MA 3733, pa su dobijene tri vrste FMCW signala. Kada je primenjen testerasti talasni oblik, na izlazu iz predajnika dobijen je linearni



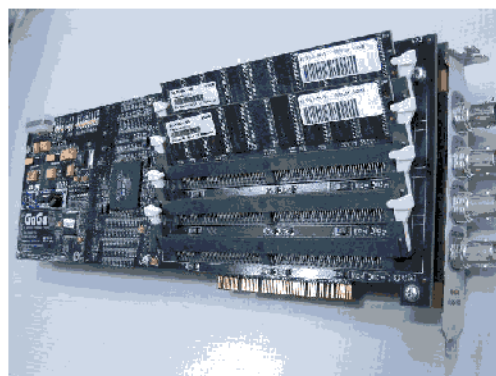
Sl. 3 – Predajnik linearnog FMCW signala



Sl. 4 – HP 70000 Modular Spectrum Analyzer



Sl. 5 – Digitalni deo prijemnika LPI signala



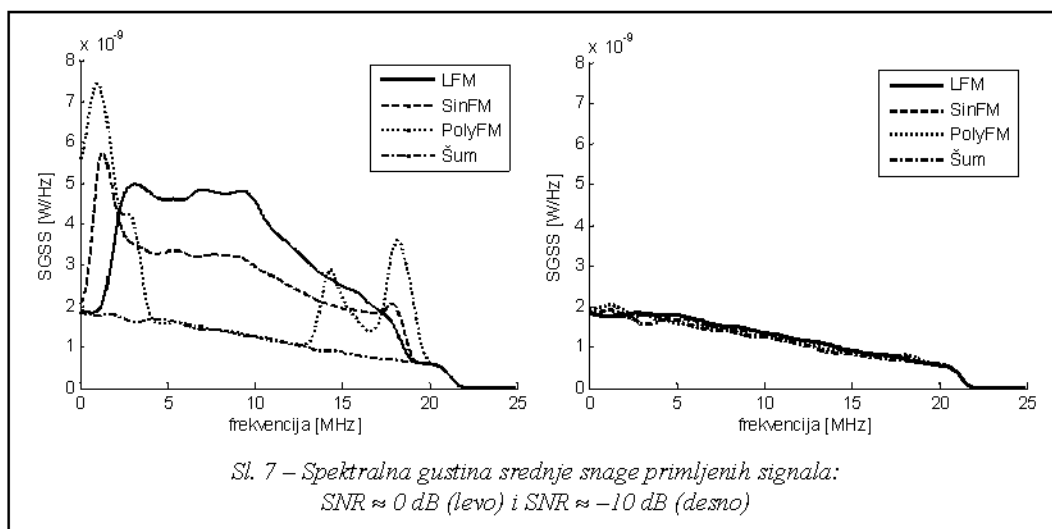
Sl. 6 – Gage kartica, CompuScope 14100

FMCW signal (LFM), dok je posle primene sinusnog talasnog oblika dobijen sinusni FMCW na izlazu iz predajnika (SinFM). Treći upotrebljeni talasni oblik je pravougaoni. Teorijski, primenom ovakvog talasnog oblika dobija se FMCW signal koncentrisan naizmenično oko dve frekvencije. Pošto upotrebljeni VCO HP 86222B ne može da isprati ovako brzu diskontinualnu promenu frekvencije, to je rezultujući FMCW signal nepravilan (polinomijalnog tipa – PolyFM) i zauzima frekvencijski opseg uži od 17 MHz.

Promenljivi attenuator u sklopu predajnika HP 8620C postavljan je na dve

vrednosti, 0 dB i –13 dB, tako da je relativni nivo predajnog signala (snaga predajnog signala – P_t u odnosu na interni referentni nivo snage predajnika – P_i) iznosio 0 dB i –13 dB.

Dobijeni signali na izlazu iz I-Q demodulatora digitalizovani su pomoću PC računara sa PCI akvizicijskom karticom CompuScope 14100, sa frekvencijom odabiranja 50 MHz, odnosno periodom odabiranja 20 ns. Na slici 7 prikazane su spektralne gustine srednjih snaga (SGSS) slučajnih procesa na ulazu u digitalni deo prijemnika. One su procenjene Welchovim postupkom na



osnovu 2^{16} odbiraka, odnosno na intervalu 1,3 ms. U levom delu slike 7 prikazane su SGSS za relativni nivo predajnog signala 0 dB. Vidi se da su SGSS procesa, koji predstavljaju smeše signala i šuma iznad SGSS šuma, pa je moguće detektovanje ovakvih signala na bazi procene SGSS. Međutim, ukoliko se nivo snage predajnog signala smanji za 13 dB, za isti iznos smanji se i nivo snage signala na ulazu u digitalni deo prijemnika. Tada se SGSS procesa koji predstavljaju smeše signala i šuma spuštaju do SGSS šuma i nemoguće ih

je razlikovati. Grafici ovih SGSS prikazani su u desnom delu slike 7.

U tabeli su prikazane srednjekvadratne vrednosti (snage) slučajnih procesa na ulazu u digitalni deo prijemnika i odgovarajući odnosi signal/šum. Snage slučajnih procesa dobijene su usrednjavanjem trenutne snage (po vremenu) i usrednjavanjem spektralnih gustina srednje snage (po frekvenciji). Usrednjavanje po vremenu izvršeno je na osnovu 2^{21} odbiraka, odnosno na intervalu od 42 ms. Iz tabele se vidi da oba načina procene snage ovih procesa daju približne rezultate.

Srednjekvadratne vrednosti slučajnih procesa na ulazu u digitalni deo prijemnika i odgovarajući odnosi signal/šum

Tip signala	Tip I (LFM)		Tip II (SinFM)		Tip III (PolyFM)		Šum
P_i/P_1 [dB]	0	-13	0	-13	0	-13	
σ^2 [mW], po vremenu	66,52	27,48	55,8	27,15	48,5	26,5	25,3
σ^2 [mW], po frekvenciji	67,6	27,32	56,0	27,2	48,14	26,6	25,37
SNR [dB], σ^2 po vremenu	2,1	-10,6	0,8	-11,4	-0,4	-13,2	
SNR [dB], σ^2 po frekvenciji	2,2	-11,1	0,8	-11,4	-0,5	-13,1	

Uz pretpostavku da su signali neko-relisani sa šumom, odnos signal/šum računat je kao:

$$SNR = 10 \cdot \log \left(\frac{\sigma_{sn}^2}{\sigma_n^2} - 1 \right) \quad (5)$$

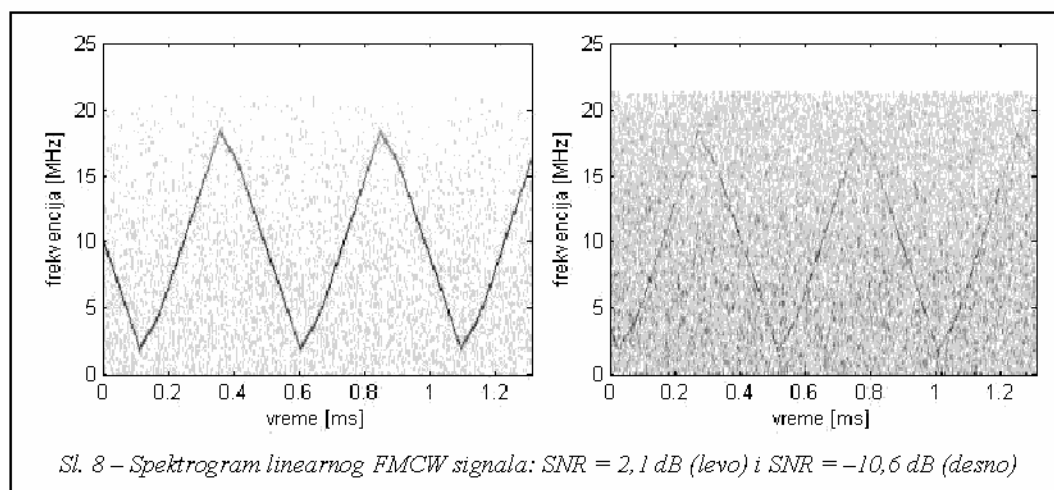
gde σ_{sn}^2 označava snagu slučajnog procesa koji je smeša signala i šuma, a σ_s^2 je snaga šuma. Iz tabele se vidi da su nivoi signala i šuma istog reda veličine (SNR je od -0,5 do 2,2 dB) kada je relativni nivo predajne snage 0 dB. Kada se ovaj nivo smanji za 13 dB, nivo signala spušta se znatno ispod nivoa šuma. Odnos signal/šum smanjuje se za 13 dB, što je približno dobijeno i primenom (5), a rezultati su prikazani u tabeli.

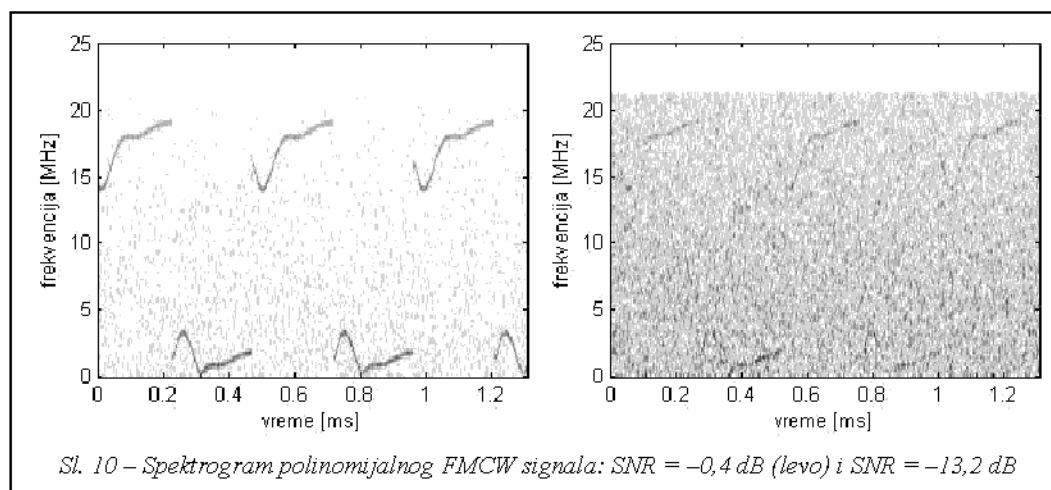
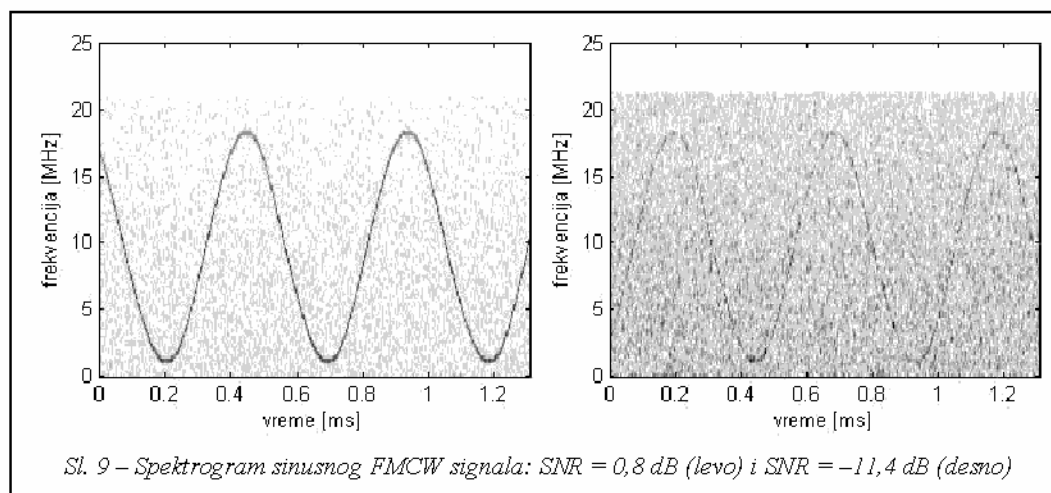
Spektrogrami sva tri tipa signala za odnose signal/šum iz tabele prikazani su na slikama 8–10. Posmatrani su test-signalni trajanja 1,3 ms (2^{16} odbiraka). Primenjena je Haningova prozorska funkcija dužine 512, uz preklapanje između prozora od 25%, tako da su ovi spektrogrami, u stvari, digi-

talne slike dimenzija 174×512 . Sa ovih slika uočavamo da se u vremen-sko-frekvencijskim transformacijama (u ovom slučaju to su spektrogrami) signal koncentriše oko tačaka grupisanih u linije koje predstavljaju promenu trenutne frekvencije tokom vremena. Ove linije moguće je vizuelno prepoznati i pri vrlo niskim odnosima signal/šum reda -12 dB, mada ne tako jasno kao pri višim SNR reda 0 dB.

Procena periodične autokorelacione funkcije

U ovom odeljku izložen je algoritam predložen u radovima [3, 4], a predmet analize je periodični (s periodom jednakim bitskom intervalu) komunikacioni signal s proširenim spektrom, metodom direktne sekvence (SS DS). Ovde je pokazano da se isti algoritam može primeniti i na određenu klasu radarskih signala, a to su periodični signali s proširenim spektrom i visokim faktorom popune. U osnovi ovog algoritma jeste procena PACF-a.





Primljeni signal $r(t)$ deli se na neprekidajuće „prozore“ trajanja T_p . Tačna vrednost T_p nije važna, ali ne sme biti manja od jednog perioda ulaznog signala, što je u radu i usvojeno. U idealnom slučaju prozor bi trebalo da sadrži samo jedan period signala T , ali će algoritam ispravno raditi u širokom opsegu vrednosti T_p . Unutar svakog prozora procenjuje se autokorelacija:

$$\hat{R}_{rr}^{(k)}(\tau) = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} r(t)r^*(t-\tau)dt \quad (6)$$

gde k označava redni broj prozora. Pomoću M prozora može se proceniti drugi moment procenjenih autokorelacija, koji predstavlja signal na izlazu iz detektora:

$$\eta(\tau) = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M \left| \hat{R}_{rr}^{(k)} \right|^2 \quad (7)$$

Ako na ulazu postoji samo šum, $r(t) = n(t)$, onda se srednja vrednost i standardna devijacija amplitude signala na izlazu $\eta(\tau)$, mogu izračunati kao u [3]:

$$m_{\eta}^{(n)} = \frac{\sigma^4}{T_p W}, \quad \sigma_{\eta}^{(n)} = \frac{m_{\eta}^{(n)}}{\sqrt{M}} \quad (8)$$

gde je W – širina propusnog opsega presrećakog prijemnika, a sufiks n označava da odgovarajuća veličina potiče od šuma. Utvrđeno je da treba odabrati prag detekcije:

$$\eta_p = m_{\eta}^{(n)} + 4\sigma_{\eta}^{(n)} \quad (9)$$

Kada na ulazu postoji signal pojavljuju se pikovi u $\eta(\tau)$, za one vrednosti τ pri kojima se impulsi u $r(t)$ i $r(t-\tau)$ poklapaju. Uz pretpostavku da signal i šum nisu korelisani, srednju vrednost ovih pikova čine dve komponente, od kojih jedna potiče od signala, a druga od šuma:

$$m_{\eta} = m_{\eta}^{(s)} + m_{\eta}^{(n)} \quad (10)$$

Komponenta srednje vrednosti koja potiče od signala izračunava se kao:

$$m_{\eta}^{(s)} = \frac{T}{T_p} \bar{s}^2 \quad (11)$$

gde je $\bar{s}$ – srednja snaga signala. Detekcija je moguća ako je srednja vrednost pikova iznad praga detekcije.

Ako se proces detekcije posmatra u diskretnom domenu, odnosno ako je ulazni signal diskretizovan s periodom T_s , dužina prozora biće $L = T_p/T_s$, pa se izraz (6) menja u:

$$\hat{R}_{\eta}^{(k)}(j) = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L r(i)r^*(i-j) \quad (12)$$

Period odabiranja T_s može se povezati sa širinom propusnog opsega presrećakog prijemnika W . Da bi odbirci šuma bili nekorelisani, mora biti $W \geq 1/T_s$. Biranjem najniže vrednosti za T_s , $W = 1/T_s$ i zamenom te vrednosti u (8) dobija se:

$$m_{\eta}^{(n)} = \frac{\sigma^4}{L}, \quad \sigma_{\eta}^{(n)} = \frac{m_{\eta}^{(n)}}{\sqrt{M}} \quad (13)$$

Iz ovog izraza može se zaključiti da će varijansa šuma na izlazu iz detektora biti manja ukoliko su dužina prozora i broj prozora veći, odnosno što je interval posmatranja signala duži.

Imajući u vidu da je $T_p = LT_s$, i da je $T_s = 1/BQ$, gde je Q – faktor nadodabiranja, a B – širina frekvencijskog opsega koji zauzima posmatrani signal, to se zamenom vrednosti parametara T_s i T_p u (11) dobija:

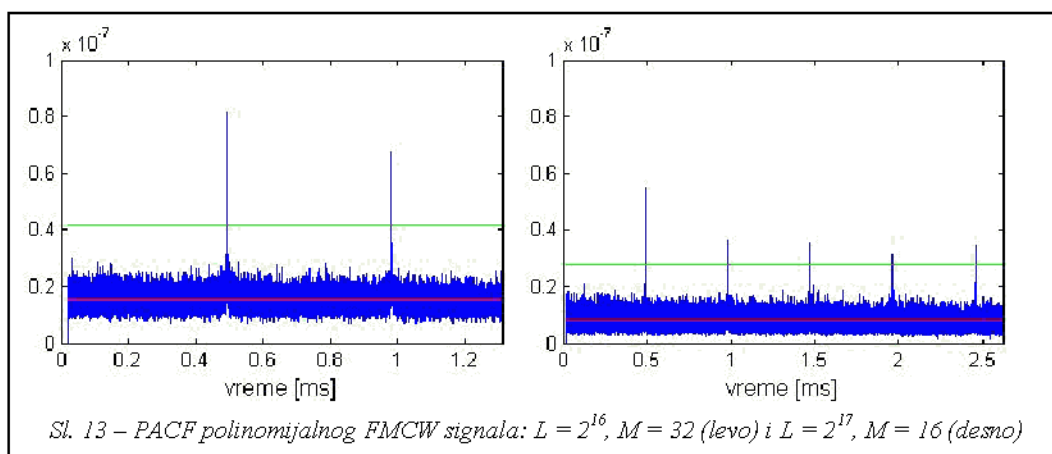
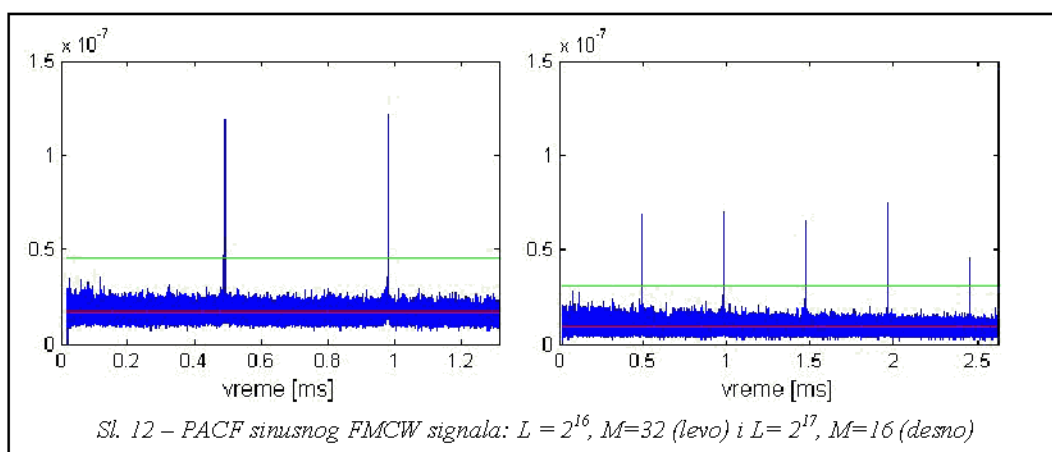
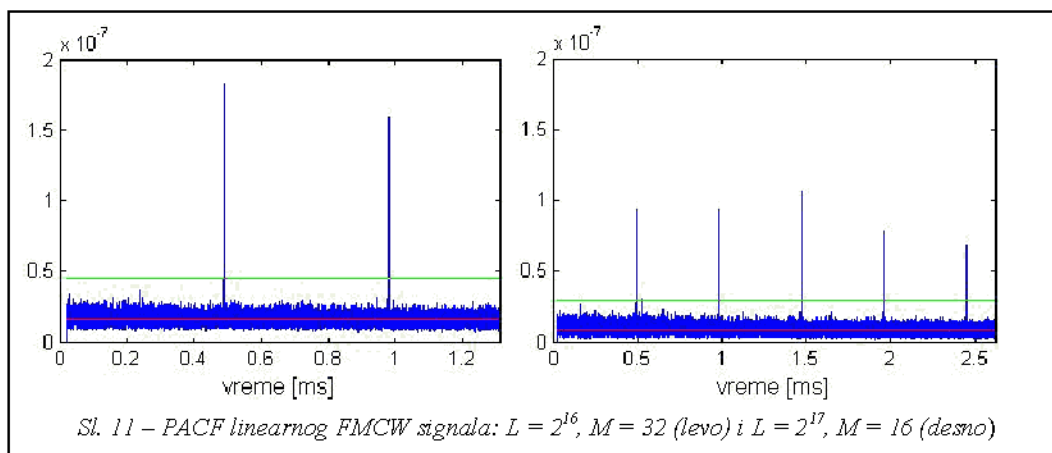
$$m_{\eta}^{(s)} = \frac{Q \cdot TB}{L} \bar{s}^4 \quad (14)$$

Ovaj izraz pokazuje da će pikovi biti izraženiji pri većim TB proizvodima analiziranog signala.

Eksperimentalno dobijeni test-signali analizirani su pomoću opisanog algoritma. Cilj je bio detektovanje slabog radarskog signala, pri niskim odnosima signal/šum, od $-13,2$ do $-10,6$ dB. Na slikama 11–13 prikazane su amplitude signala na izlazu iz detektora (PACF), kada su na ulazu smeše signala (po jednog od tri prethodno navedena tipa) i šuma. Na raspolaganju je bio uzorak od $N = 2^{21}$ odbiraka, što odgovara trajanju signala od 42 ms. Jedini parametri algoritma koji se mogu birati su dužina prozora L i

broj prozora M , a oni su povezani relacijom $L \cdot M = N$. Na osnovu izraza (12) može se zaključiti da algoritam daje bo-

lje rezultate sa porastom broja prozora M , jer se time smanjuje varijansa šuma na izlazu iz detektora. Dužina prozora ne



utiče znatno na rezultat izvršenja algoritma, jer se sa porastom L smanjuje i snaga šuma, ali i snaga signala (srazmerna vrednosti pika PACF) na izlazu iz detektora. Međutim, broj odbiraka u prozoru L ne bi trebalo da bude manji od broja odbiraka jednog perioda ulaznog signala. Imajući u vidu da se algoritam sprovodi pri nepoznatom periodu signala sa ulaza i da je upravo procena ovog parametra jedan od rezultata ovakvog načina obrade, uvek se mora usvojiti veća vrednost L , da bi prethodni uslov bio ispunjen.

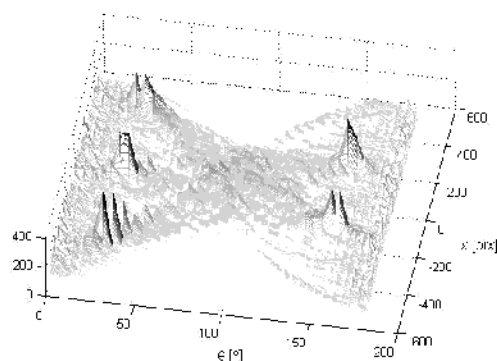
Da bi se sagledao uticaj izbora M i L , algoritam je sproveden za dva skupa vrednosti ovih parametara, ne ulazeći u razmatranje optimalnosti. U prvom slučaju algoritam se sprovodi uz veći broj kraćih prozora ($M = 32$, $L = 2^{16}$, odnosno 1,3 ms, levi delovi slika 11–13), a u drugom uz dvostruko manji broj dvostruko dužih prozora ($M = 16$, $L = 2^{17}$, odnosno 2,6 ms, desni delovi slika 11–13). Ove slike pokazuju da su pikovi mnogo iznad praga, dok odbirci šuma ne prelaze prag. Pri tome je nešto bolji rezultat kada je $(M, L) = (32, 2^{16})$ nego kada je $(M, L) = (16, 2^{17})$. U drugom slučaju vrednost pikova je manja, ali je i varijansa šuma manja, pa je kod prva dva tipa signala ova razlika neznatna. Kod polinomijalnog FMCW signala razlika je primetna, što može biti posledica nižeg odnosa signal/šum, ali i niže vrednosti TB proizvođa, jer ovaj signal zauzima užu frekvencijski opseg (12 MHz) nego prva dva tipa signala (17 MHz). Iz dobijene PACF može se proceniti nepoznati period signala sa ulaza u detektor, ali ne i tip signala.

Kako je algoritam opisan u ovom odeljku zasnovan na proceni PACF, to

se on može primeniti na bilo koji talasni oblik čija PACF ima visok glavni, a niske bočne lobove. Primer takvih talasnih oblika su svi periodični radarski signali s visokim faktorom popune. To znači da je ovaj algoritam prilično robustan u odnosu na promenu tipa modulacije nepoznatog signala. S druge strane, promena perioda ponavljanja impulsa (od impulsa do impulsa) ili modulacionog perioda (od jednog do drugog) kod CW signala čini ovaj način obrade neefikasnim.

Detekcija zasnovana na Radonovoj transformaciji

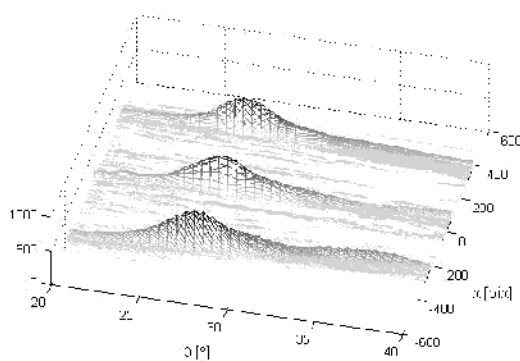
Drugi metod analiziran u ovom radu zasnovan je na primeni vremensko-frekvencijskih transformacija zajedno sa tehnikama za prepoznavanje oblika [1, 2]. Na dobijene vremensko-frekvencijske slike (spektrograme) primenjena je Radonova transformacija (RT), koja predstavlja projekciju matrice slike duž određenog ugla. U ovom slučaju to je preslikavanje iz $[t, f]$ domena u $[x, \theta]$ domen. Ukoliko slika sadrži linearni segment $f = k \cdot t$, on će se projektovati u tačku $[x_0, \theta_0]$, pri čemu x_0 odgovara normalnom rastojanju segmenta (u pikselima) od centra slike, a θ_0 je nagib segmenta u odnosu na f osu, dakle $\text{ctg} \theta = k$. Vrednost RT u tački $[x_0, \theta_0]$ biće veća ukoliko je linearni segment izraženiji u slici, bilo da je veće dužine ili da sadrži piksele većeg intenziteta. To znači da će, pri niskom odnosu signal/šum, pikseli od signala i pikseli od šuma u spektrogramu biti približno istog intenziteta, ali će prvi biti pravilnije raspoređeni, pa će doći do izražaja u RT.



Sl. 14 – RT $[0^\circ, 180^\circ]$ spektrograma LFM signala

Na slici 14 prikazana je RT $[0^\circ, 180^\circ]$ s korakom od 5° , primenjena na spektrogram sa slike 8 (desno). Jasno se izdvaja pet grupa pikova. U levom delu slike ističu se tri grupe pikova, sve tri pri istom uglu θ iz intervala $[20^\circ, 40^\circ]$, a različitom broju projekcije x (u pikselima). Ove tri grupe pikova potiču od tri približno prave linije, nastale usled rastuće promene frekvencije (slika 8), dok dve grupe pikova iz desnog dela slike potiču od tri približno prave linije, nastale usled opadajuće promene frekvencije (slika 8).

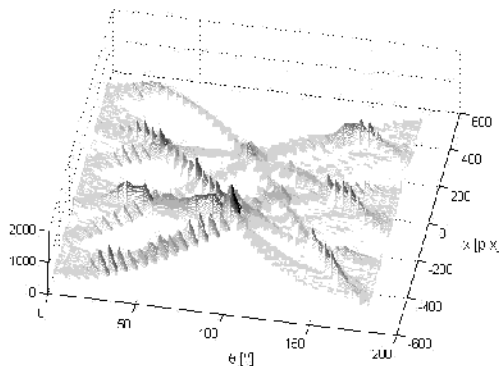
Zatim su u tako dobijenoj matrici izdvajani regioni s pikovima i računata je RT u okolini pika. Na slici 15 data je RT $[20^\circ, 40^\circ]$, s korakom od 1° , primenjena na spektrogram sa slike 8. Jasno se izdvajaju tri pika, što znači da je detekcija ovakvog signala moguća i pri vrlo niskom SNR. Što se procene parametara tiče, na osnovu jednog pika RT može se proceniti strmina promene trenutne frekvencije (θ) koja odgovara datom piku, zatim početna i krajnja frekvencija, koje se računaju na osnovu procenjenog ugla θ i broja projekcije za taj pik. Uzimajući svaki pik RT u obzir, nepoznat signal može se modelovati deo po deo.



Sl. 15 – RT $[20^\circ, 40^\circ]$ spektrograma LFM signala

Međutim, ovi pikovi nisu oštri, već zaobljeni, što znači da tačnost procene θ nije bolja, u ovom slučaju od 1° , što je za mnoge primene nedovoljno, npr. za sintezu ometačkog signala. U tom slučaju moraju se koristiti kvadratne vremensko-frekvencijske distribucije (TFD, Time Frequency Distribution), koje imaju bolju rezoluciju. Međutim, njihovo izračunavanje je složenije, pored ostalog i zato što se ne može vršiti preklapanje kao kod spektrograma, pa bi dimenzije dobijene slike u ovom slučaju bile $2^{16} \times 512$, što znači da je RT takve slike apsurdno računati. Stoga se TFD primenjuju na mnogo kraći deo signala, reda 512 odbiraka, pa se dobijaju slike dimenzija 512×512 . Kako bi se smanjio broj operacija, prvo se računa RT s većim korakom, npr. $\theta = 5^\circ$, od spektrograma signala dužeg trajanja, kako bi se odredili značajni regioni po vremenu i po uglu. Zatim se računaju TFD od kraćih uzoraka signala, a zatim RT, ali samo unutar značajnog opsega uglova, s manjim korakom, npr. $\theta = 0,1^\circ$.

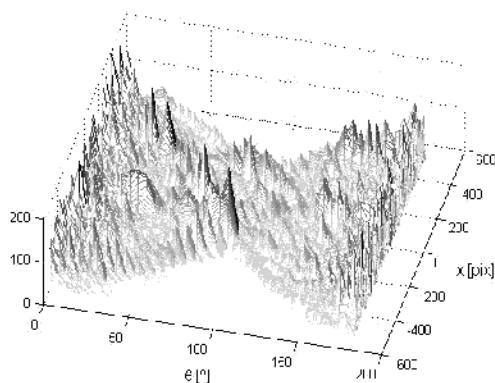
Na slici 16 prikazana je RT $[0^\circ, 180^\circ]$, s korakom od 5° , primenjena na spektrogram sa slike 10 (levo). Pošto je reč o spektrogramu nelinearnog FM sig-



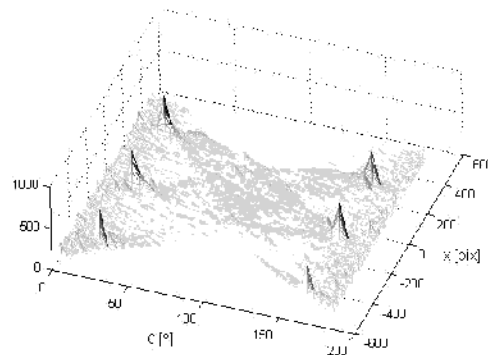
Sl. 16 – RT spektrograma PolyFM signala, SNR = 0 dB

nala, koji sadrži krive linije, to se u RT javlja mnoštvo pikova, koji obrazuju nove krive linije, tako da procena parametara i modelovanje nepoznatog signala nisu jednostavni kao u prethodnom slučaju. Situacija se pogoršava pri ekstremno niskom odnosu signal/šum, što se vidi na slici 17, gde je prikazana RT $[0^\circ, 180^\circ]$, s korakom od 5° , primenjena na spektrogram sa slike 10 (desno).

Na slici 18 prikazana je RT $[0^\circ, 180^\circ]$, s korakom od 5° , primenjena na spektrogram sa slike 9 (desno). Rezultat je sličan kao na slici 14, s tim što su pikovi sada izraženiji, iako je reč o nelinearnom, SinFM signalu. Međutim, ovaj



Sl. 17 – RT spektrograma PolyFM signala, SNR = -13 dB



Sl. 18 – RT $[0^\circ, 180^\circ]$ spektrograma SynFM signala

signal u pojedinim delovima ispoljava veću linearnost od eksperimentalno dobijenog LFM signala, što se vidi poređenjem slika 8 i 9.

Zaključak

Primenom TFR i RT, FMCW signali mogu se uspešno detektovati i pri vrlo niskim odnosima signal/šum, reda -12 dB. Detekcija je bolja ukoliko TFR sadrže prave linije, odnosno ukoliko je promena frekvencije bliža linearnoj. Procena parametara drastično se pogoršava ukoliko promena frekvencije nije bliska linearnoj. Zato se u mnogim primenama signal posmatra u dovoljno kratkim intervalima u kojima je promena frekvencije približno linearna [5]. To, s druge strane, zahteva češće računanje VFT, što usložava hardver kojim bi se navedena obrada realizovala.

Analiza signala na bazi spektrograma sprovodi se brže od analize na bazi TFD. Tačnost procene parametara u prvom slučaju dovoljna je za grubu klasifikaciju, po tipu modulacije, ali, uglavnom, nedovoljna za precizniju klasifikaciju unutar istog tipa modulacije, a samim tim ni za sintezu kvalitetnih ometačkih signala. Stoga se moraju ko-

nistiti TFD. Njihovo izračunavanje je složenije, pa je vrlo bitno da se ima gruba početna procena parametara, kako bi se smanjio broj računskih operacija.

Pomoću algoritma koji se zasniva na proceni PACF uspešno se obavlja detekcija FMCW radarskog signala i pri ekstremno niskim odnosima signal/šum. Na osnovu izvršene analize zaključeno je da primena TFR i RT (koherentni metod) omogućuje procenu šireg skupa parametara u odnosu na procenu PACF-a (kroskorelacioni metod). Međutim, pri proceni PACF-a LPI radarskih signala ostvaruje se veće procesno pojačanje pri detekciji u odnosu na primenu koherentnih metoda, utoliko veće što je TB proizvod analiziranog signala veći.

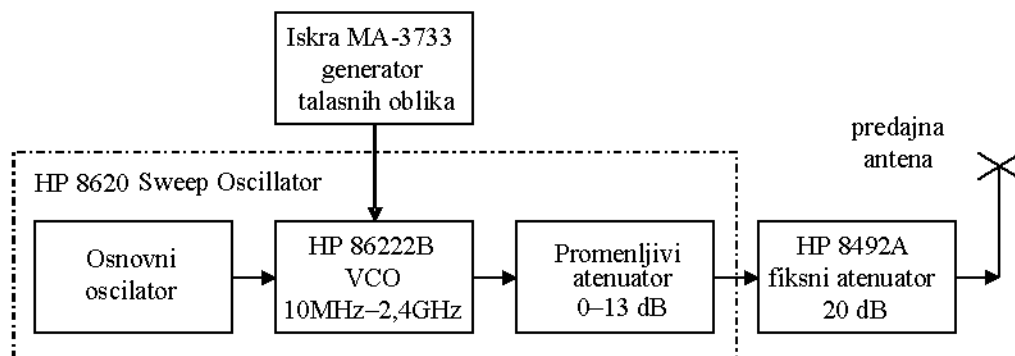
Buduća istraživanja biće usmerena na ostale LPI talasne oblike. Pažnja će

biti usmerena na istraživanje mogućnosti primene navedenih algoritama u rešavanju problema sa identifikacijom radara, tj. u slučaju kada je ulazni signal smeša talasnih oblika nekoliko radara, naročito kada je jedan od tih talasnih oblika dominantan, pa maskira ostale.

Literatura:

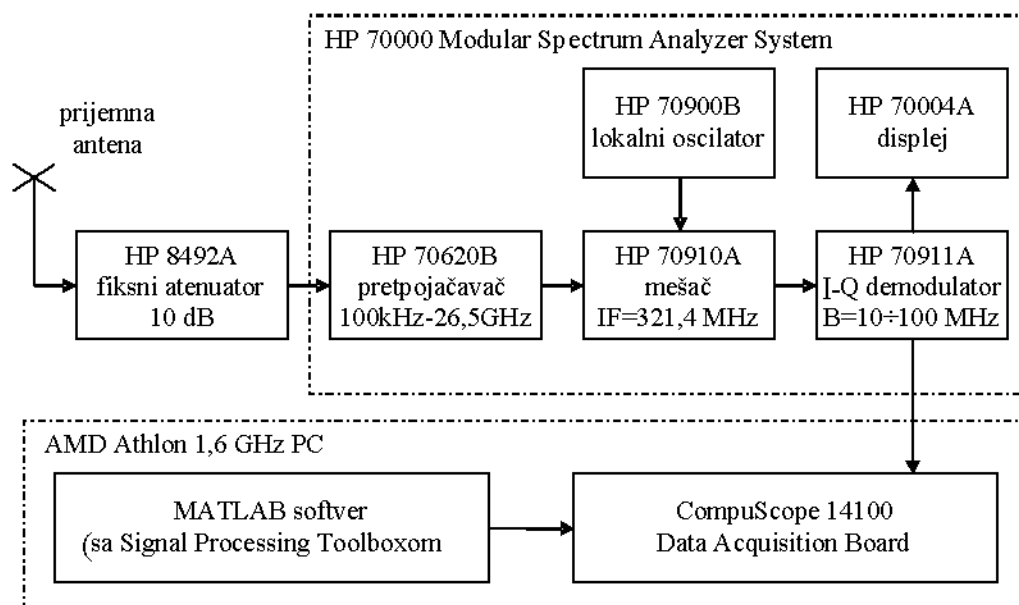
- [1] Pace, E. Phillip: Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar, Artech House, Norwood, MA, USA, 2004.
- [2] Simić, S.: Detekcija i procena parametara nepoznatih radarskih signala s proširenim spektrom, Vojnotehnički glasnik br. 1, Beograd 2007.
- [3] Burel, G.: Detection of Spread Spectrum Transmissions using Fluctuations of Correlation Estimator, Proc. of IEEE ISPACS, Honolulu, Hawaii, USA, November 5–8, 2000.
- [4] Burel, G.; Quinquis, A.; Azou, A.: Interception and Furtivity of Digital Transmissions, IEEE Communications' 2002, Bucharest, Romania, December 5–7 2002.
- [5] Cornu, C.; Ioana, C.; Quinquis, A.: Characterization of LPI Waveforms using Polynomial Phase Signal Modeling, International Conference on Radar Systems, RADAR 2004.

Predajnik FMCW signala



Sl. 1 – Blok-šema modela predajnika FMCW signala

Softverski prijemnik LPI signala



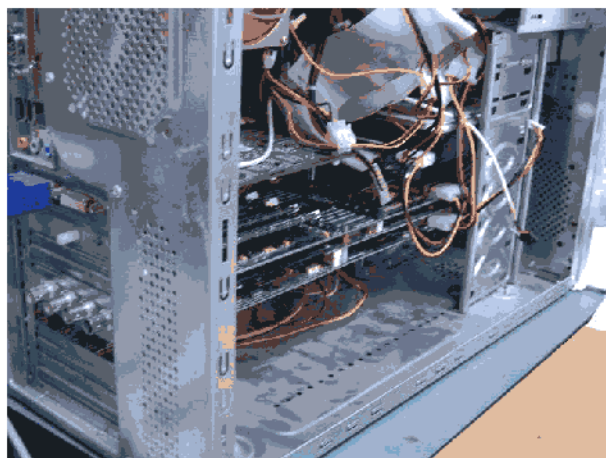
Sl. 2 – Blok-šema modela softverskog prijemnika LPI signala



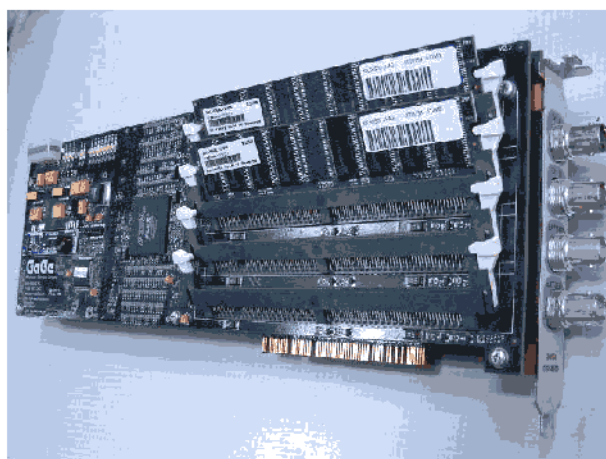
Sl. 3 – Predajnik linearnog FMCW signala



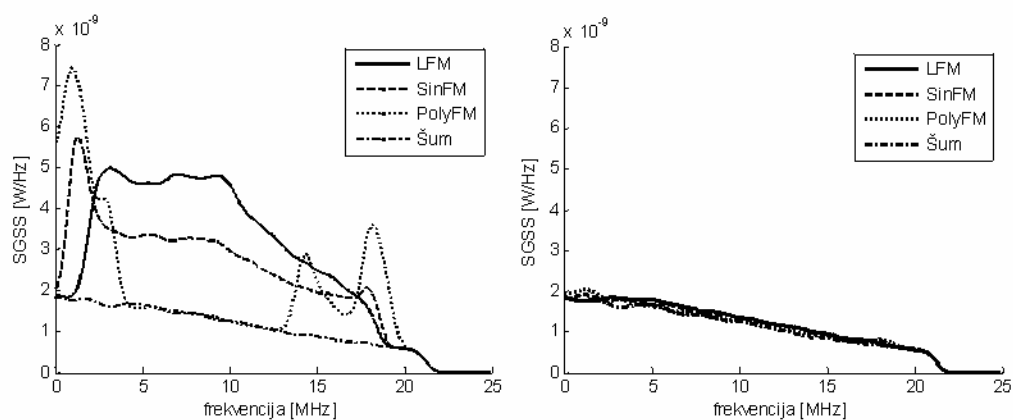
Sl. 4 – HP 70000 Modular Spectrum Analyzer



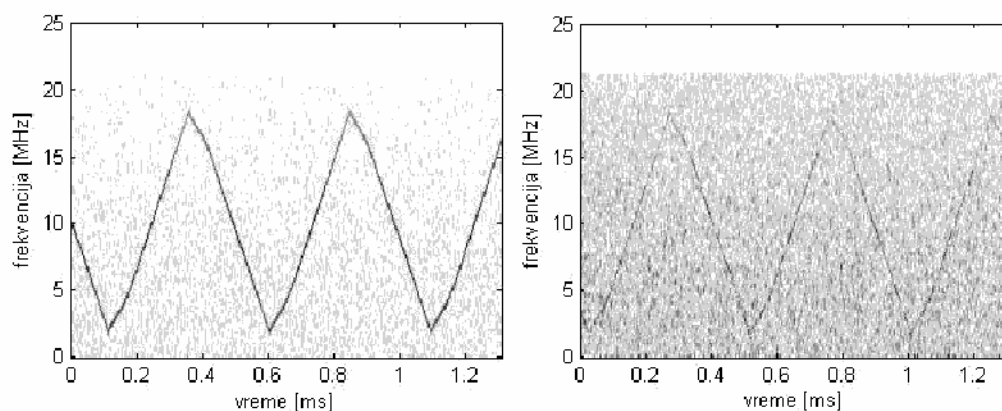
Sl. 5 – Digitalni deo prijemnika LPI signala



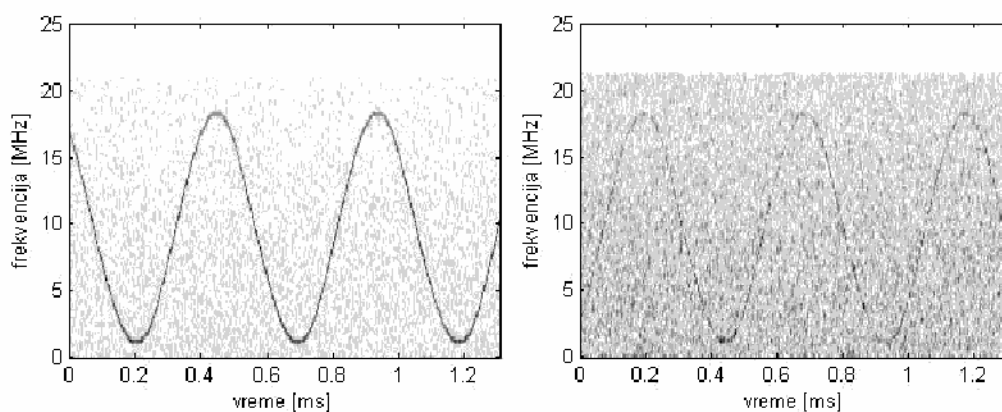
Sl. 6 – Gage kartica, CompuScope 14100



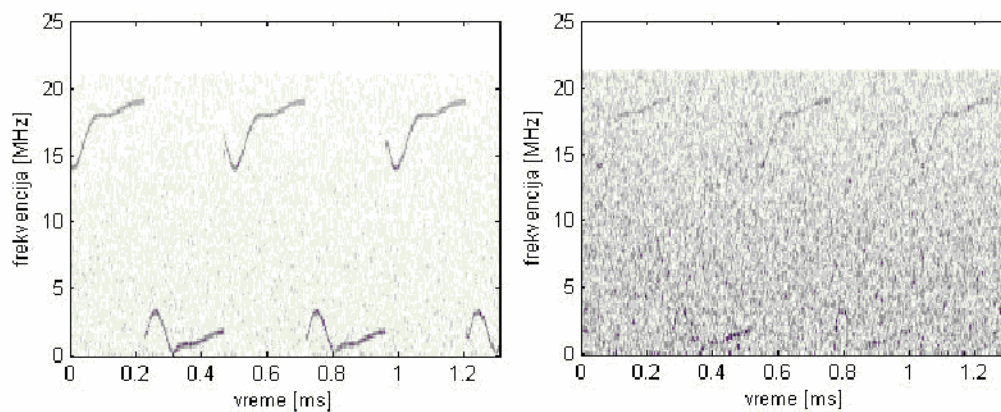
Sl. 7 – Spektralna gustina srednje snage primljenih signala:
 $SNR \approx 0$ dB (levo) i $SNR \approx -10$ dB (desno)



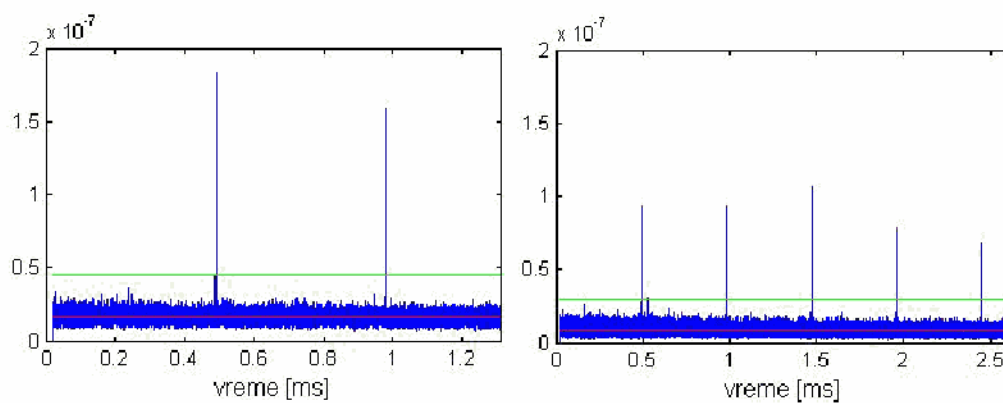
Sl. 8 – Spektrogram linearnog FMCW signala: $SNR = 2,1$ dB (levo) i $SNR = -10,6$ dB (desno)



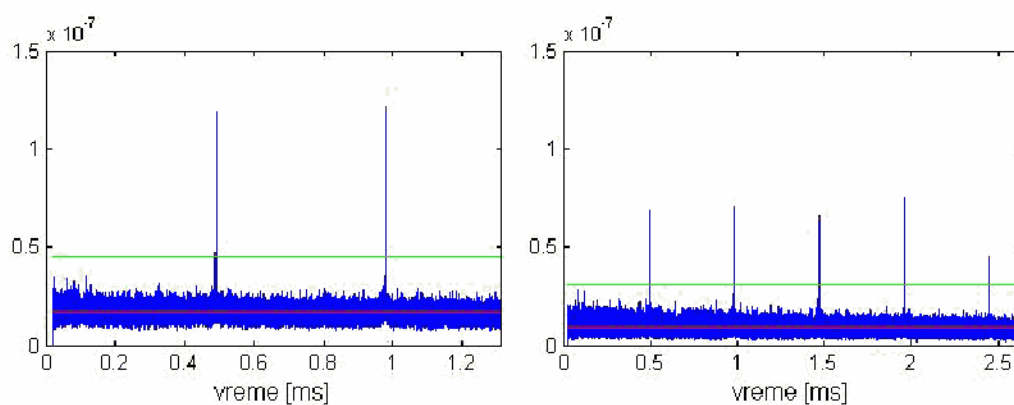
Sl. 9 – Spektrogram sinusnog FMCW signala: $SNR = 0,8$ dB (levo) i $SNR = -11,4$ dB (desno)



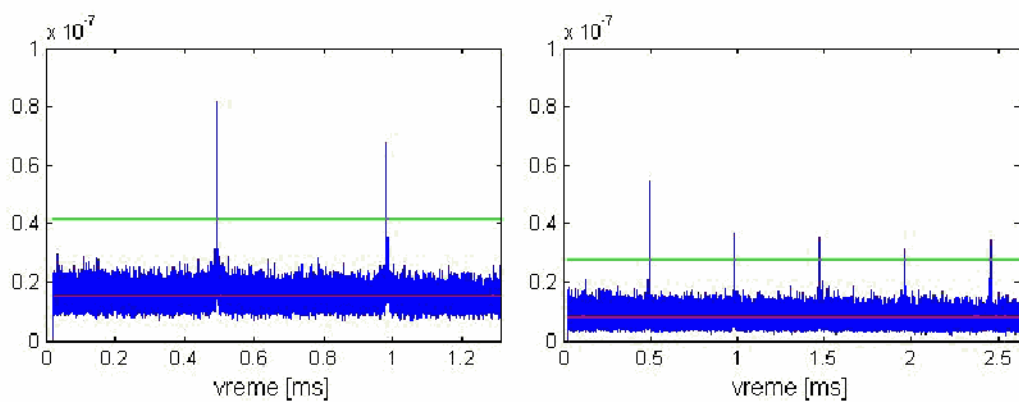
Sl. 10 – Spektrogram polinomijalnog FMCW signala: $SNR = -0,4$ dB (levo) i $SNR = -13,2$ dB (desno)



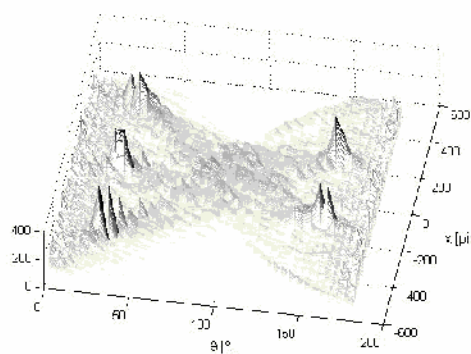
Sl. 11 – PACF linearnog FMCW signala: $L = 2^{16}$, $M = 32$ (levo) i $L = 2^{17}$, $M = 16$ (desno)



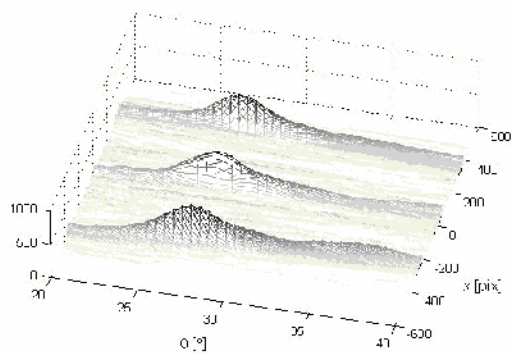
Sl. 12 – PACF sinusnog FMCW signala: $L = 2^{16}$, $M = 32$ (levo) i $L = 2^{17}$, $M = 16$ (desno)



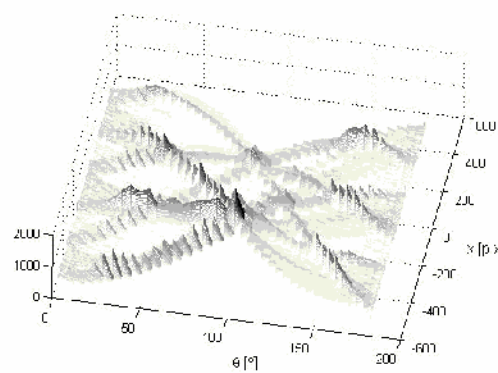
Sl. 13 – PACF polinomijalnog FMCW signala: $L = 2^{16}$, $M = 32$ (levo) i $L = 2^{17}$, $M = 16$ (desno)



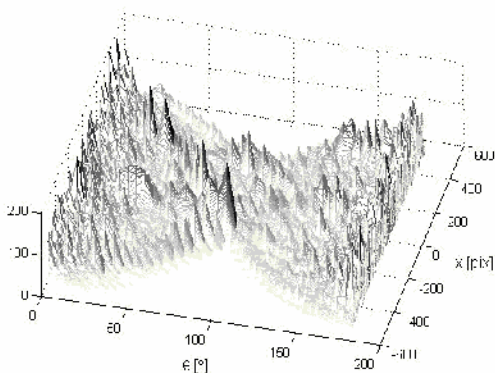
Sl. 14 – RT $[0^\circ, 180^\circ]$ spektrograma LFM signala



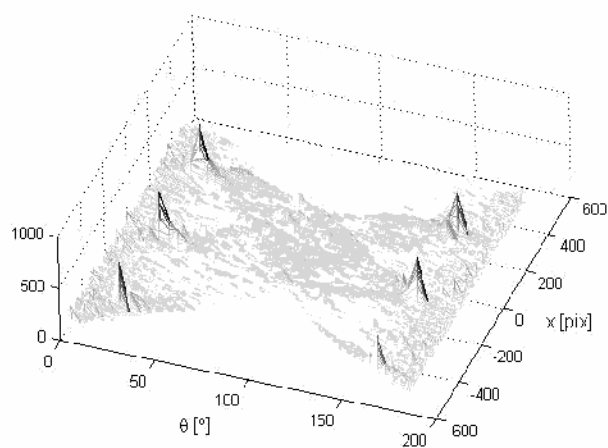
Sl. 15 – RT $[20^\circ, 40^\circ]$ spektrograma LFM signala



Sl. 16 – RT spektrograma PolyFM signala, $SNR = 0$ dB



Sl. 17 – RT spektrograma PolyFM signala, $SNR = -13$ dB



Sl. 18 – RT $[0^\circ, 180^\circ]$ spektrograma SynFM signala

Tabela 1
Srednjekvadratne vrednosti slučajnih procesa na ulazu u digitalni deo prijemnika i odgovarajući odnosi signal/šum

Tip signala	Tip I (LFM)		Tip II (SinFM)		Tip III (PolyFM)		Šum
P_i/P_1 [dB]	0	-13	0	-13	0	-13	
σ^2 [mW], po vremenu	66,52	27,48	55,8	27,15	48,5	26,5	25,3
σ^2 [mW], po frekvenciji	67,6	27,32	56,0	27,2	48,14	26,6	25,37
SNR [dB], σ^2 po vremenu	2,1	-10,6	0,8	-11,4	-0,4	-13,2	
SNR [dB], σ^2 po frekvenciji	2,2	-11,1	0,8	-11,4	-0,5	-13,1	

Mr Boban Bondžulić,
kapetan, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd
dr Vladimir Petrović,
dipl. inž.
Imaging Science,
University of Manchester

SJEDINJAVANJE SLIKA ISTE SCENE

UDC: 004.932 : 621.397.3

Rezime:

U radu je prikazana osnovna ideja multisenzorskog sjedinjavanja informacija. Dat je opis Gaus-Laplasove piramide kao osnove nekih metoda sjedinjavanja slika. Opisano je pet metoda pikselnog sjedinjavanja monohromnih slika. Kako bi se ilustrovala univerzalnost metoda sjedinjavanja, primeri koji su dati u radu potiču iz različitih oblasti – medicine, daljinskog osmatranja, vojnih i policijskih primena...

Ključne reči: multisenzorsko sjedinjavanje, multirezoluciona reprezentacija slike, Gaus-Laplasova piramida, vejevlet transformacija, računarski efikasno sjedinjavanje.

SAME SCENE IMAGE FUSION

Summary:

This paper presents the basic idea of multisensor information fusion. The description of the Gauss-Laplacian pyramid as a basis of some image fusion methods is given. Five pixel-level image fusion methods are described. The fusion techniques have been tested with different images which represent possible different fields of fusion application – medicine, remote sensing, military and police applications...

Key words: multisensor fusion, multi-resolution image representation, Gauss-Laplacian pyramid, wavelet transformation, computationally efficient pixel-level image fusion.

Uvod

Sa sve bržim razvojem senzorske tehnologije, sistemi koji se u osmatranju svoje okoline oslanjaju na senzore (vazduhoplovi, sateliti, medicinski uređaji) projektuju se koristeći multisenzorska polja, koja pokrivaju sve veći deo elektromagnetnog (EM) spektra. Rezultat ovakvog pristupa je velika količina informacija o osmatranoj okolini. Obrada velike količine informacija je složena, jer iziskuje ogromnu računarsku moć i vrlo precizno i jasno određene metode korišćenja informacija. Proces multisenzorskog sjedinjavanja (fuzije) informacija

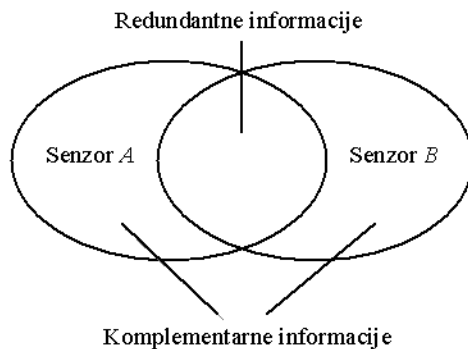
(multisensor information fusion) predstavlja rešenje ovih problema [1].

Više senzora često daje komplementarne informacije o sceni koju posmatraju, pa je fuzija informacija efikasan način za njihovo poređenje i analizu (sl. 1).

Korišćenjem redundantnih informacija povećava se pouzdanost, a korišćenjem komplementarnih informacija povećavaju se mogućnosti sistema.

Cilj multisenzorskog sjedinjavanja informacija jeste da se što tačnije prikaže što veća količina informacija dobijena iz više izvora, unapred definisanom formom. Na primer, sjedinjavanjem slika formira se nova slika koja je pogodna za

potrebe ljudskog/mašinskog vida i za dalje obrade slike, kao što su segmentacija, detekcija i identifikacija objekata.



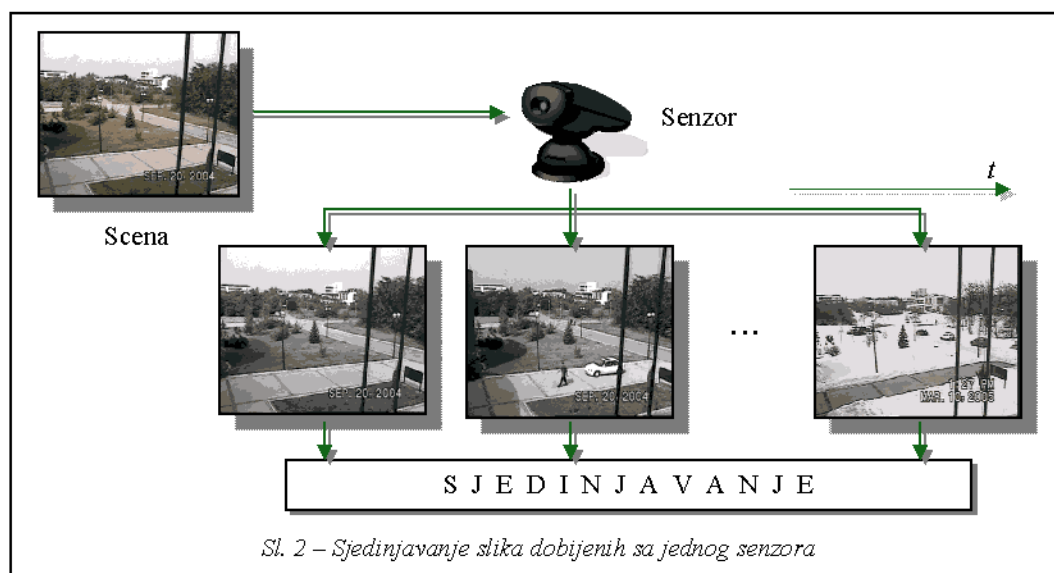
Sl. 1 – Sjedinjavanje informacija dva izvora

Slike sa više senzora moraju biti izražene u jedinstvenom, opštem koordinatnom sistemu, koji se vezuje za određenu tačku kao svoj početak. Pri tome bi trebalo da se zadrži najbolja moguća rezolucija. Sjedinjavanje slika ne zahteva uvek postojanje više senzora, tako da su interesantne i primene u kojima se vrši sjedinjavanje slika dobijenih sa jednog senzora.

Sjedinjavanje slika dobijenih sa jednog senzora

Ilustracija sjedinjavanja slika dobijenih sa jednog senzora prikazana je na sl. 2. Prikazani senzor može biti digitalna kamera koja radi u vidljivom delu EM spektra. Na izlazu senzora pojavljuje se sekvenca slika. Slike sekvence zatim se sjedinjavaju u jednu sliku, koja se prikazuje operateru ili koristi za dalju obradu.

Ovakvi sistemi imaju određena ograničenja koja zavise od senzora koji se koristi. Atmosferski uslovi rada, područje osmatranja, sposobnost merenja daljine, brzine i ugaonih koordinata, prostorna i spektralna rezolucija, imunost na ometanje, prikriven ili aktivan rad i sl., ograničeni su karakteristikama senzora. Na primer, senzori u vidljivom delu EM spektra imaju najbolju rezoluciju, prikriven rad, dobro istraženu i komercijalno raspoloživu tehnologiju, ali je njihova upotreba ograničena na dnevne uslove, rad zavisi od prozračnosti atmosfere, nema podataka o daljini, itd.



Sl. 2 – Sjedinjavanje slika dobijenih sa jednog senzora

Sjedinjavanje slika dobijenih sa više senzora

Sjedinjavanje slika dobijenih sa više senzora prevazilazi ograničenja pojedinačnih senzora, kombinujući izvorne slike u kompozitnu sliku. Na sl. 3 prikazan je sistem za multisenzorsko sjedinjavanje slika. Televizijskoj kameri pridodata je termovizijska kamera i slike sa oba senzora kombinuju se u jednu sliku. Ovakav pristup prevazilazi probleme koji su već opisani. Dok je televizijska kamera pogodna za rad u dnevnim uslovima, termovizijska kamera se koristi u uslovima slabe osvetljenosti scene.

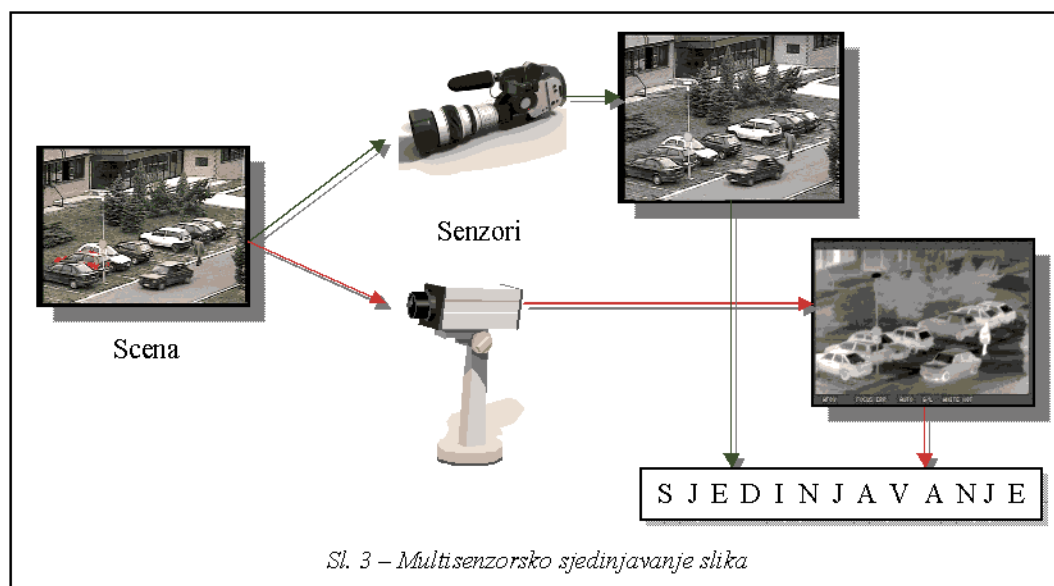
Ideja sprezanja više senzora u jedinstven sistem i sjedinjavanja informacija koje se dobijaju od njih motivisana je činjenicom da se kroz upotrebu više senzora različitog tipa eliminišu njihovi pojedinačni nedostaci i obezbedi uspešno funkcionisanje sistema u svim uslovima [1].

Primenom više senzora, zasnovanih na merenju različitih fizičkih fenomena,

dobija se više informacija o objektima ispred nas. Objedinjene multisenzorske informacije pomažu da se lakše odrede karakteristike objekata u vidnom polju, što olakšava detekciju ciljeva i njihovu moguću identifikaciju.

U zavisnosti od hijerarhijskog nivoa predstave, tj. oblika u kojem se informacije sjedinjavaju, sjedinjavanje se može raditi na tri različita nivoa. To su sjedinjavanje na nivou signala, na nivou obeležja (objekta) i na nivou simbola (odluka) [1, 2].

Pre sjedinjavanja izvornih slika potrebno je izvršiti njihovo prostorno i/ili vremensko usaglašavanje (image registration). Neslaganje obeležja izvornih slika može biti prouzrokovano različitim razlozima, kao što su: geometrija senzora, različite pozicije senzora, različit broj slika koje u sekundi daje senzor (frame rate), itd. Usaglašavanje se obavlja korišćenjem obeležja izvornih slika [3].



Sl. 3 – Multisenzorsko sjedinjavanje slika

Tehnike sjedinjavanja

Ključno pitanje sjedinjavanja izvornih slika jeste određivanje načina sjedinjavanja. Jedna od najjednostavnijih tehnika je aritmetičko sjedinjavanje, kojom se usrednjavaju vrednosti nivoa sivog piksela ulaznih slika:

$$F(i, j) = k_a \cdot A(i, j) + k_b \cdot B(i, j) + C \quad (1)$$

gde su A i B izvorne slike, F sjedinjena slika, k_a , k_b i C parametri sjedinjavanja. Parametri k_a i k_b definišu uticaj izvornih slika na sjedinjenu sliku, a C je srednji pomeraj nivoa sivog.

Na sl. 4 prikazane su dve izvorne slike i slika dobijena aritmetičkim sjedinjavanjem. Izvorne slike dobijene su sa sistema za daljinsko osmatranje.

Sa sl. 4 vidi se da sjedinjena slika ima slab kontrast. Izvorna sl. 4a sadrži više informacija od sjedinjene sl. 4v.

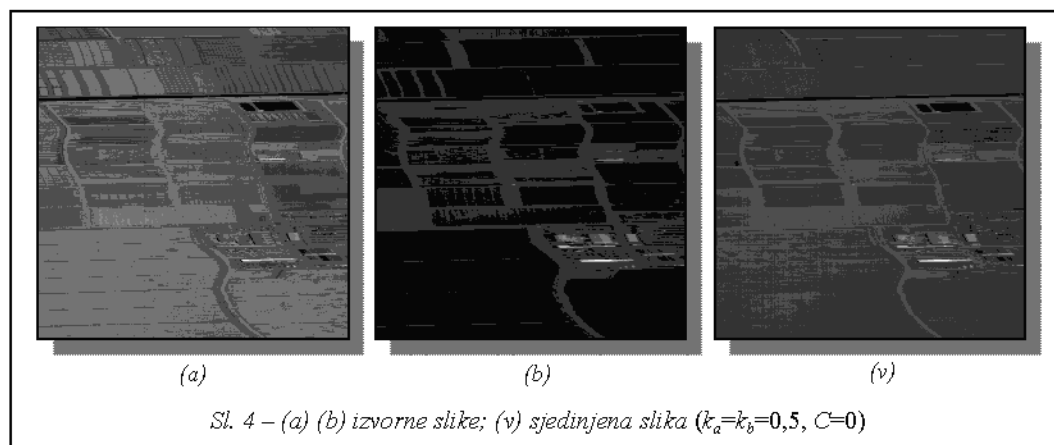
Uvođenjem Gaus-Laplasove (Gauss-Laplacian) piramide osamdesetih godina prošlog veka pojavile su se mnogo bolje tehnike. Osnovna ideja je da se izvrši multirezoluciona dekompozicija

izvornih slika, a da se nakon toga izvrši rekonstrukcija sjedinjene slike inverznom multirezolucionom transformacijom [4].

Različite piramidne dekompozicije predložene su za potrebe sjedinjavanja, kao što su: Laplasova piramida (Laplacian Pyramid), ROLP (Ratio-Of-Low Pass Pyramid) piramida, gradijentna piramida (Gradient Pyramid) i, na kraju, sa razvojem vejevlet (wavelet) teorije – vejevlet multirezoluciona dekompozicija [3].

Multirezoluciona reprezentacija slike

Multirezolucione transformacije poznate su kao veoma moćan alat u analizi informacionog sadržaja slika za potrebe sjedinjavanja. Začetak multirezolucione analize vezan je za Burta i Adelsona, koji su uveli multirezolucionu reprezentaciju slike nazvanu Gaus-Laplasova piramida [4], kojom se izvorna slika predstavlja kao skup BP (band-pass) slika. Gaus-Laplasova piramida uvedena je kao tehnika za kompresiju slike.



Laplasova piramida

Piramidu slike čini skup LP (low-pass) ili BP (band-pass) kopija (nivoa), gde se frekvencijski opsezi i učestanosti odabiranja menjaju u pravilnim razmacima. Piramida slike sadrži sve informacije potrebne za rekonstrukciju izvorne slike.

Prvi korak u generisanju Laplasove piramide slike je niskofrekventno (LP) filtriranje i decimacija izvorne slike g_0 dimenzija $R \times C$ piksela, čime se dobija slika g_1 . Za g_1 se kaže da je redukovana verzija slike g_0 , po rezoluciji i učestanošću. Na sličan način dobija se slika g_2 , kao redukovana verzija slike g_1 . Pri filtriranju se koristi funkcija koja je slična Gausovoj funkciji gustine verovatnoće, tako da se sekvenca slika $g_0, g_1, \dots, g_N$ naziva Gausova piramida. Redukovana slika g_1 može se koristiti za predikciju vrednosti piksela slike g_0 .

Originalna slika nalazi se na vrhu Gausove piramide (nulti nivo). Slika g_1 (prvi nivo) predstavlja LP verziju izvorne slike g_0 . Vrednosti prvog nivoa dobijaju se usrednjavanjem vrednosti nultog nivoa, unutar prozora 5×5 piksela. Vrednosti drugog nivoa dobijaju se usrednjavanjem vrednosti prvog nivoa, koristeći istu prostornu masku.

Proces redukcije, odnosno prelaska sa nižeg na viši nivo, vrši se funkcijom REDUCE: $g_l = \text{REDUCE}(g_{l-1})$, odnosno:

$$g_l(i, j) = \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 w(m, n) g_{l-1}(2i+m, 2j+n),$$

$$0 < l < N, 1 \leq i \leq R, 1 \leq j \leq C \quad (2)$$

U prethodnom izrazu N je broj nivoa piramide.

Za filtriranje se koristi dvodimenzionalni filter $w(m, n) = w_g(m) \cdot w_g(n)$, dimenzija 5×5 piksela (generišući kernel). Filter je odabran tako da zadovoljava nekoliko uslova, pri čemu su uslovi zadovoljeni kada je:

$$\begin{aligned} (a) \quad w_g(0) &= a & (b) \quad w_g(-1) &= w_g(1) = 1/4 \\ (v) \quad w_g(-2) &= w_g(2) = 1/4 - a/2 \end{aligned} \quad (3)$$

gde je a parametar generišućeg kernela.

Definiše se funkcija EXPAND koja je inverzna funkciji REDUCE. Primeenom ove funkcije na sliku g_1 , koja je deo Gausove piramide, dobija se slika $g_{1,1}$ koja je istih dimenzija kao i g_{1-1} .

Neka je $g_{l,n}$ rezultat ekspanovanja slike g_l n puta. Tada je:

$$g_{l,0} = g_l \text{ i } g_{l,n} = \text{EXPAND}(g_{l,n-1}) \quad (4)$$

Ekspanovanje se definiše kao:

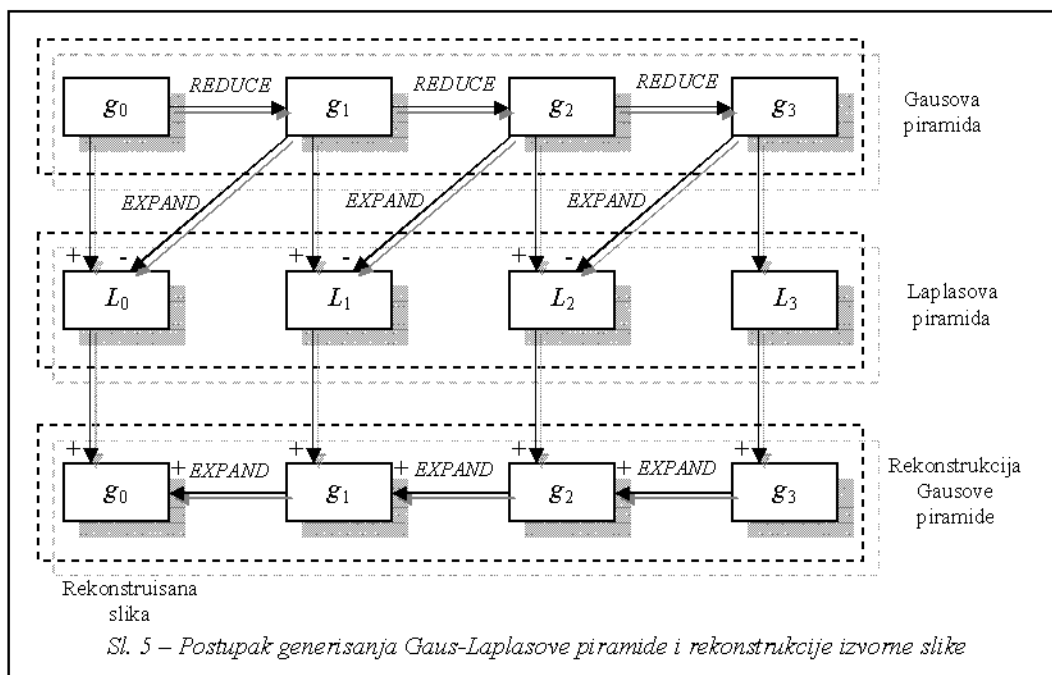
$$g_{l,n}(i, j) = 4 \cdot \sum_{m=-2}^2 \sum_{n=-2}^2 w(m, n) \cdot g_{l,n-1}\left(\frac{i-m}{2}, \frac{j-n}{2}\right) \quad 0 < l \leq N, 1 \leq i < R_{l,n},$$

$$1 \leq j < C_{l,n} \quad (5)$$

U prethodnom izrazu u sumi učestvuju samo članovi za koje su vrednosti $(i-m)/2$ i $(j-n)/2$ celobrojne.

Laplasovu piramidu čini sekvenca slika $L_0, L_1, \dots, L_N$, dobijenih oduzimanjem sukcesivnih nivoa Gausove piramide. Tako se, za $0 \leq l < N$, nivoi Laplasove piramide dobijaju pomoću relacije:

$$L_l = g_l - \text{EXPAND}(g_{l+1}) = g_l - g_{l+1,1} \quad (6)$$



Kako za predikciju slike g_N ne postoji slika g_{N+1} , najviši nivo Laplasove piramide se dobija kao $L_N = g_N$. Razlike sukcesivnih nivoa piramide mogu se posmatrati kao greške predikcije vrednosti piksela.

Izvorna slika g_0 može se dobiti ekspandovanjem i sabiranjem svih nivoa Laplasove piramide:

$$g_0 = \sum_{l=0}^N L_{l,l} \quad (7)$$

Mnogo efikasnija procedura rekonstrukcije izvorne slike sastoji se od ekspandovanja L_N i sabiranja sa L_{N-1} . Zatim se rezultat sabiranja ekspanduje i sabira sa L_{N-2} , i postupak ponavlja sve dok se ne dobije g_0 . Ova procedura je inverzna proceduri generisanja Laplasove piramide i može se opisati sledećim jednačinama:

$$g_N = L_N, \quad g_l = L_l + \text{EXPAND}(g_{l+1}) \quad (8)$$

Blok-šema postupka generisanja Gaus-Laplasove piramide, rekonstrukcije Gausove piramide i rekonstrukcije izvorne slike prikazana je na sl. 5.

Vrednosti tačaka u piramidi mogu se dobiti konvolucijom izvorne slike sa odgovarajućom Laplasovom funkcijom (zbog čega se i naziva Laplasova piramida). Laplasova piramida se često naziva DOG (Difference Of Gaussians) ili DOLP (Difference Of Low-Pass) piramida.

Sjedinjavanje DOLP piramida izvornih slika

Sjedinjavanje DOLP piramida izvornih slika sprovodi se u tri koraka:

- formiranje DOLP piramida izvornih slika;

- formiranje DOLP piramide sjedinjene slike izborom koeficijenata iz DOLP piramida izvornih slika, i

- rekonstrukcija sjedinjene slike iz DOLP piramide.

U radu se pri formiranju DOLP piramide sjedinjene slike koristio pikselni izbor koeficijenata, a na osnovu maksimalne apsolutne vrednosti [5]:

$$LF_l(i, j) = \begin{cases} LA_l(i, j), & |LA_l(i, j)| \geq |LB_l(i, j)| \\ LB_l(i, j), & |LA_l(i, j)| < |LB_l(i, j)| \end{cases},$$

$$0 \leq l \leq N \quad (9)$$

gde je sa LF označena DOLP piramida sjedinjene slike, a sa LA i LB označene su DOLP piramide izvornih slika.

Na sl. 6 prikazane su izvorne slike i rezultati sjedinjavanja DOLP piramida izvornih slika. Izvorne slike dobijene su sa jednog senzora. Na prvoj izvornoj slici fokus je na objektu (sat), koji se nalazi u prvom planu (levi deo slike), a na drugoj izvornoj slici fokus je na pozadini (desni deo slike).

Sa sl. 6 vidi se da sjedinjena slika sadrži delove izvornih slika koji su u fokusu.

Sjedinjavanje ROLP piramida izvornih slika

Vizuelni sistem čoveka osetljiv je na lokalne promene kontrasta, pa sjedinjavanje DOLP piramida izvornih slika neće uvek biti najbolji način sjedinjavanja. Zbog toga je Toet [5] uveo piramidu ROLP (Ratio Of Low-Pass) koja odgovara vizuelnom sistemu čoveka. Za razliku od piramide DOLP koja se formira na osnovu apsolutnih razlika osvetljenosti, za formiranje piramide ROLP bitna je apsolutna promena kontrasta.

Generisanje piramide ROLP je veoma slično generisanju piramide DOLP. Prvo se formira Gausova piramida izvorne slike. Umesto računanja razlike sukcesivnih nivoa Gausove piramide, računaju se odnosi sukcesivnih nivoa (Ratio Of Low-Pass):

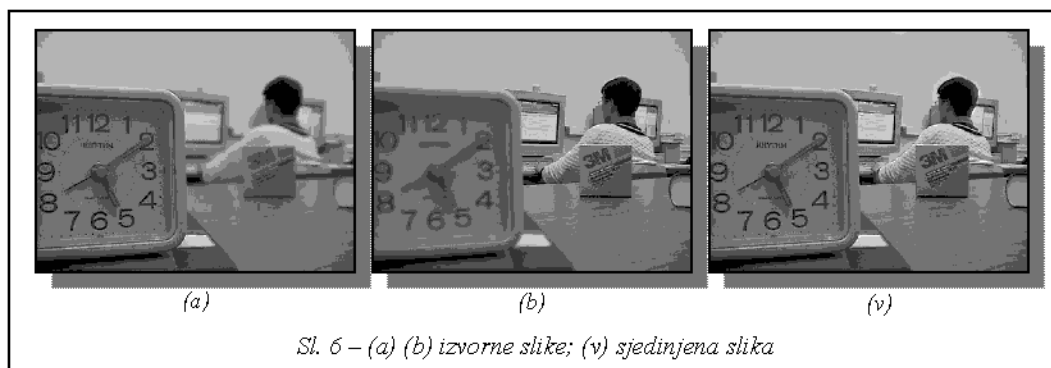
$$R_N = g_N \text{ i } R_l = g_l / EXPAND(g_{l+1}),$$

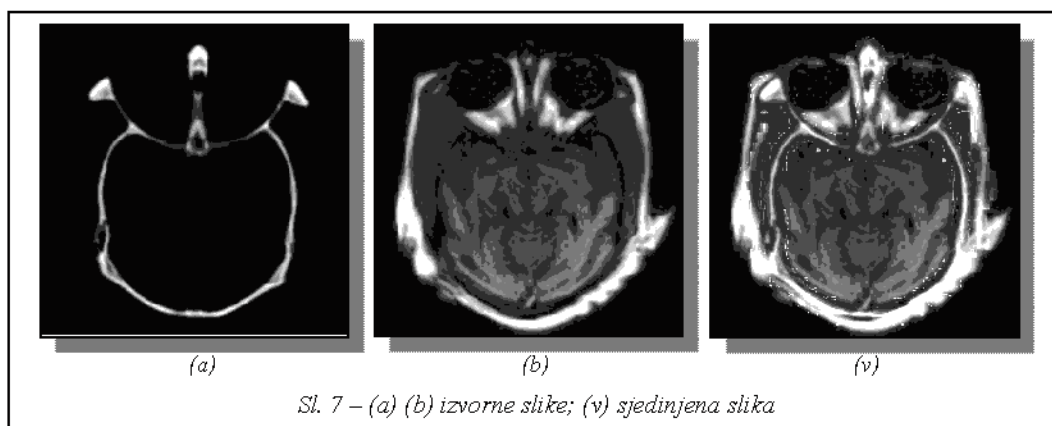
$$0 \leq l < N \quad (10)$$

Izvorna slika g_0 se u potpunosti može rekonstruisati iz piramide ROLP:

$$g_N = R_N \text{ i } g_l = R_l \cdot EXPAND(g_{l+1}),$$

$$0 \leq l < N \quad (11)$$





Sl. 7 – (a) (b) izvorne slike; (v) sjedinjena slika

Sjedinjavanje ROLP piramida izvornih slika sprovodi se u tri koraka:

- formiranje ROLP piramida izvornih slika;
- formiranje ROLP piramide sjedinjene slike izborom koeficijenata iz ROLP piramida izvornih slika, i
- rekonstrukcija sjedinjene slike iz ROLP piramide.

Pri formiranju ROLP piramide sjedinjene slike u radu se koristio pikselni izbor koeficijenata, a na osnovu maksimalne apsolutne vrednosti:

$$RF_i(i, j) = \begin{cases} RA_i(i, j), & |RA_i(i, j) - 1| \geq |RB_i(i, j) - 1| \\ RB_i(i, j), & |RA_i(i, j) - 1| < |RB_i(i, j) - 1| \end{cases} \quad (12)$$

$0 \leq i \leq N$

gde je sa RF označena ROLP piramida sjedinjene slike, a sa RA i RB označene su ROLP piramide izvornih slika.

Na sl. 7 prikazane su izvorne slike i rezultati sjedinjavanja ROLP piramida izvornih slika. Izvorne slike dobijene su računarskom tomografijom i magnet-skom rezonancom.

Sa sl. 7 vidi se da sjedinjena slika sadrži informacije iz obe izvorne slike. Na sjedinjenoj slici uočavaju se grupe belih piksela kojih nema na izvornim slikama.

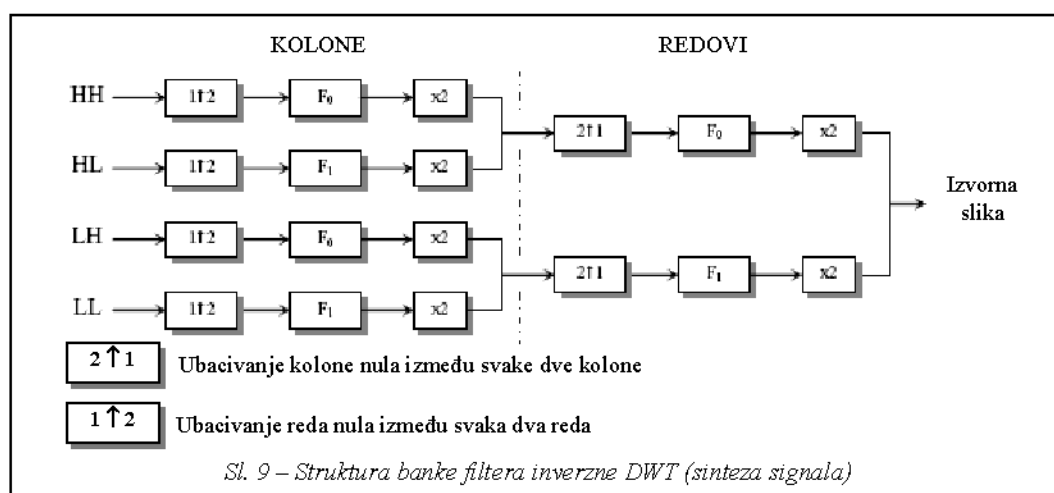
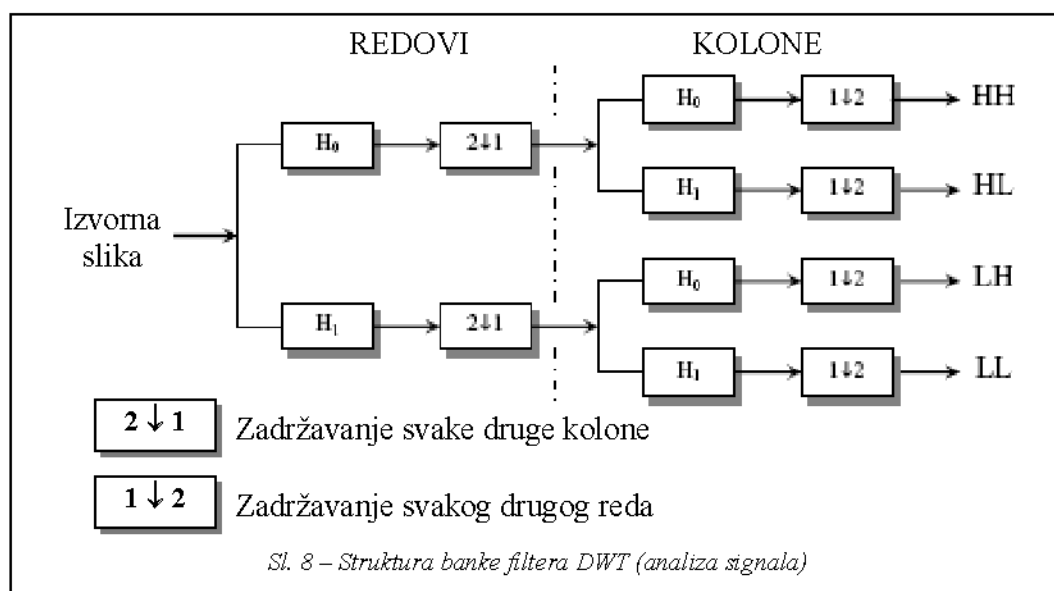
Slika, zavisno od porekla, može predstavljati: osvetljenost objekata na sceni (ako je dobijena kamerom osetljivom na vidljivi deo EM spektra), apsorpcione karakteristike tkiva (rendgenska snimanja), temperaturu objekata na sceni (infracrvene kamere), refleksione karakteristike tkiva (ultrazvučni snimci), itd. Sjedinjavanjem slika koje imaju različito poreklo dobija se slika za koju se ne može jednoznačno odrediti karakterizacija (reprezentacija) veličine koju predstavlja jedan element slike (piksel). U procesu sjedinjavanja piramida izvornih slika, koje mogu imati opseg nivoa sivog od 0 do 255, može se desiti da sjedinjena slika ima nivo sive koji izlaze iz navedenog opsega. Vrednostima koje se nalaze van navedenog opsega pridružene su vrednosti 0, odnosno 255. Grupe lažnih belih piksela koje se javljaju na sl. 7v nastale su nakon pridruživanja. U toku rada uočeno je da je ovaj efekat izraženiji na slikama dobijenim sjedinjavanjem ROLP piramida izvornih slika, te da zavisi od broja nivoa dekompozicije.

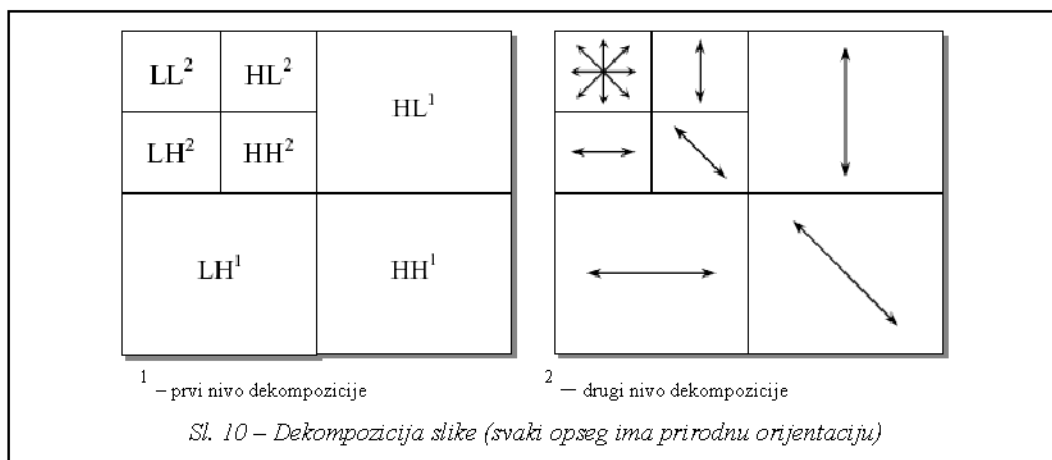
Sjedinjavanje vejvlet transformacija izvornih slika

Vejvlet transformacija je tehnika za analizu signala. Vejvlet transformacijom slike vrši se multirezoluciona dekompozicija i kao rezultat dobija neredundantna reprezentacija slike.

Na sl. 8 prikazan je jedan korak multirezolucione piramidne dekompozicije

izvorne slike (diskretne vejvlet transformacije – DWT). Pri dekompoziciji se koriste jednodimenzionalni HP i LP filteri, H_0 i H_1 , kojima se vrši odvojeno filtriranje redova i kolona izvorne slike. Inverzna struktura banke filtera prikazana je na sl. 9. Filteri za sintezu signala, F_0 i F_1 , moraju biti prilagođeni filterima za analizu, H_0 i H_1 , kako bi se dobila idealna rekonstrukcija [3].



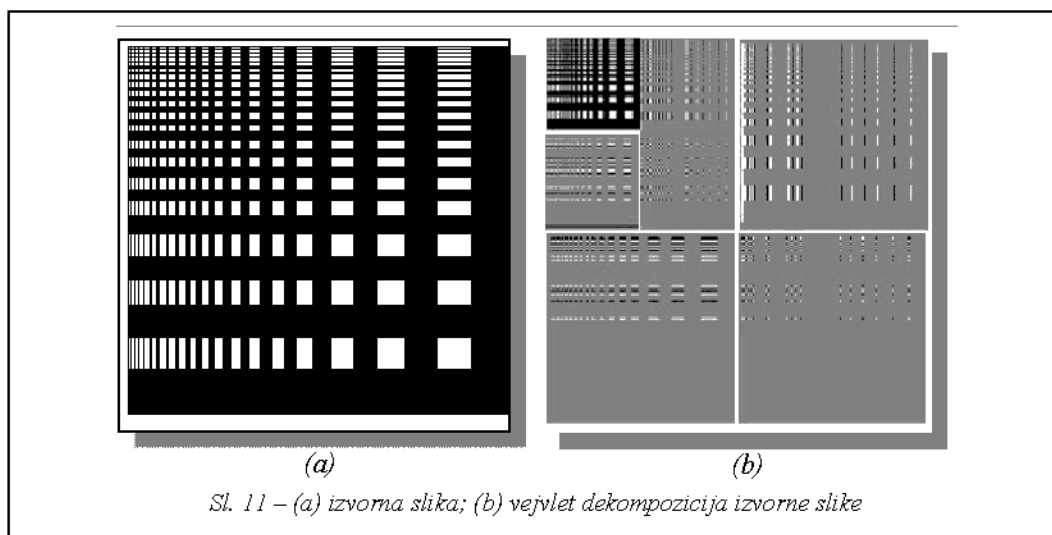


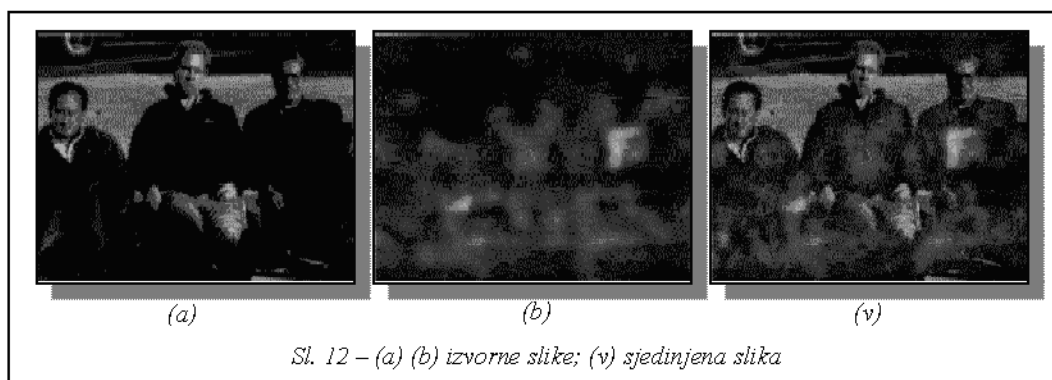
Uzastopnim dekompozicijama LL (low-low) opsega dobija se piramidna dekompozicija u kojoj se dimenzije slike i orijentacije menjaju od nivoa do nivoa. Vejevlet transformacija sadrži LH (low-high), HL (high-low) i HH (high-high) opsege izvorne slike i LL (low-low) opseg izvorne slike na najvišem nivou dekompozicije (sl. 10).

Na sl. 11 prikazana je izvorna slika i njena vejevlet dekompozicija.

Sa sl. 11b vidi se da transformacione vrednosti odgovaraju orijentacijama prikazanim na sl. 10.

Osim u LL opsegu koji ima pozitivne transformacione vrednosti, svi ostali opsezi sadrže transformacione vrednosti koje fluktuiraju oko nule. Veće apsolutne vrednosti u ovim opsezima odgovaraju bitnim obeležjima na slici, kao što su ivice, linije i granice regiona. Zbog toga je dobro pravilo sjedinjavanja izvornih slika zasnovano na selekciji piksela sa maksimalnim apsolutnim transformacionim vrednostima [6]. Sjedinjena slika se dobija inverznom vejevlet transformacijom kombinovanih transformacionih koeficijenata.





Na sl. 12 prikazane su izvorne slike i rezultati sjedinjavanja vejevlet transformacija izvornih slika. Izvorne slike dobijene su sa televizijske i termovizijske kamere. Primer na slici ilustruje detekciju naoružanja.

Sa sl. 12 vidi se da sjedinjena slika sadrži informacije iz obe izvorne slike.

Računarski efikasno sjedinjavanje

Ova tehnika sjedinjavanja predstavlja adaptivni multiveličinski pristup sa smanjenim brojem nivoa [7]. Cilj tehnike je da smanji računarsku kompleksnost multirezolucionih sjedinjavanja, a da se sačuva robustnost i kvalitet sjedinjavanja. Izvorna slika se razlaže na dva nivoa predstave: sliku pozadine i sliku prvog plana. Slika pozadine sadrži niskofrekventne komponente (grubi detalji), a slika prvog plana visokofrekventne komponente (fini detalji). Slika pozadine dobija se niskofrekventnim filtriranjem izvorne slike dvodimenzionalnim filterom. Dimenzije filtera zavise od dimenzija i sadržaja izvornih slika. Slika prvog plana dobija se oduzimanjem slike pozadine od

izvorne slike. Slika pozadine i slika prvog plana sadrže komplementarne delove spektra izvorne slike.

Generalna struktura računarski efikasnog sjedinjavanja prikazana je na sl. 13. Na ulazu u sistem nalaze se dve slike iste scene. Multiveličinskom dekompozicijom izvornih slika dobijaju se slike pozadina i slike prvog plana izvornih slika. Na osnovu statistike izvornih slika vrši se estimacija parametara računarski efikasnog sjedinjavanja, koji se dalje koriste za sjedinjavanje slika pozadine i slika prvog plana.

Za sjedinjavanje slika pozadine koriste se dva različita pristupa, koji omogućavaju optimalne performanse sjedinjavanja. Ukoliko je jedna slika pozadine dominantna, tj. sadrži više informacija od druge, primenjuje se pristup direktne eliminacije. Dominantna pozadina izvornih slika proglašava se slikom pozadine sjedinjene slike, a druga slika pozadine se ignoriše. Na taj način doći će do neznatnog gubitka informacija, što neće degradirati performanse sjedinjavanja. Ukoliko obe slike pozadina sadrže značajne informacije, sjedinjena slika pozadine dobija se aritmetičkim sjedinjavanjem:

$$EF_b(i, j) = \begin{cases} EA_b(i, j), \text{var}(EA_b) > 2 \cdot \text{var}(EB_b) \\ EB_b(i, j), 2 \cdot \text{var}(EA_b) < \text{var}(EB_b) \\ EA_b(i, j) + EB_b(i, j) - \frac{\mu_A + \mu_B}{2}, \text{u suprotnom} \end{cases} \quad (13)$$

gde je sa EF_b označena sjedinjena slika pozadine, sa EA_b i EB_b označene slike pozadina izvornih slika, sa μ_A i μ_B srednje vrednosti nivoa sivog izvornih slika i sa var varijansa.

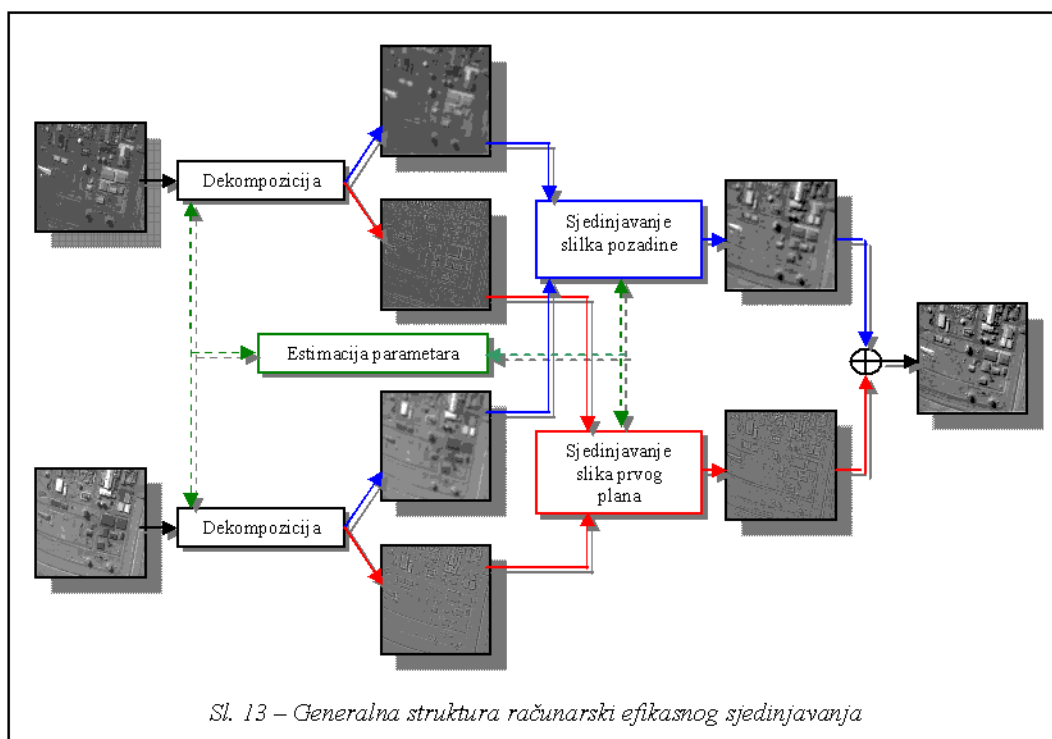
Slike prvog plana sadrže fine detalje izvornih slika. Ove informacije je lakše lokalizovati nego grube detalje slike pozadine, tako da se sjedinjavanje radi na pikselnom nivou. Ovakav izbor garantuje da će se značajne informacije

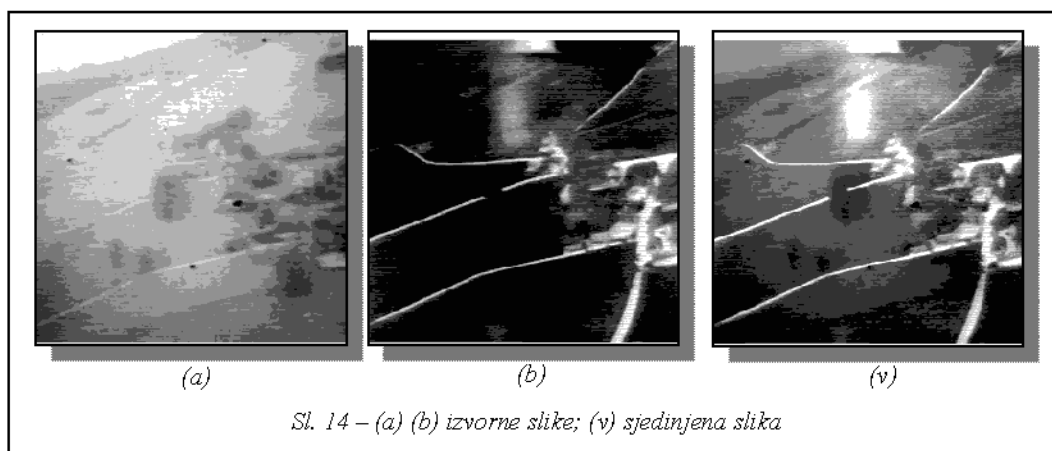
preneti u sjedinjenu sliku. Pikselni izbor definisan je relacijom 14, u kojoj su sa EA_f , EB_f i EF_f označene slike prvog plana izvornih slika i sjedinjene slike, respektivno:

$$EF_f(i, j) = \begin{cases} EA_f(i, j), |EA_f(i, j)| \geq |EB_f(i, j)| \\ EB_f(i, j), |EA_f(i, j)| < |EB_f(i, j)| \end{cases} \quad (14)$$

Jednostavnim sabiranjem sjedinjene slike pozadine i sjedinjene slike prvog plana dobija se sjedinjena slika.

Na sl. 14 prikazane su izvorne slike i rezultati računarski efikasnog sjedinjavanja.





Izvorne sl. 14a i 14b dobijene su sa kamera (televizijske i termovizijske), koje se nalaze na helikopteru. Sa sl. 14v vidi se da sjedinjena slika sadrži informacije iz obe izvorne slike.

Slike korišćene u radu potiču iz baza slika dostupnih u [8], namenjenih za istraživanja u oblasti multisenzorskog sjedinjavanja slika, dok primeri sjedinjavanja (daljinsko osmatranje, medicina, vojne i policijske primene) predstavljaju samo neke od primena multisenzorskog sjedinjavanja slika. Sjedinjavanje slika može se koristiti u robotici (upravljanje, automatsko prepoznavanje), industriji (nadzor industrijskih procesa, ispitivanje elektronskih kola, dijagnostika rada uređaja) i sl.

Pravila selekcije piksela

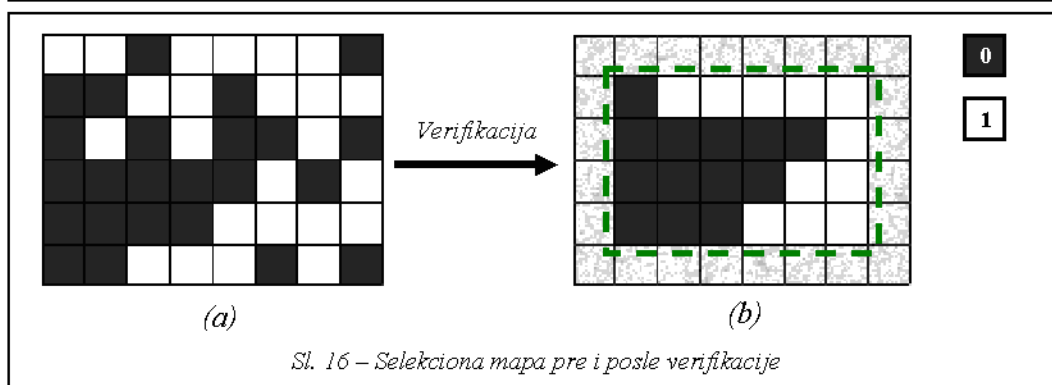
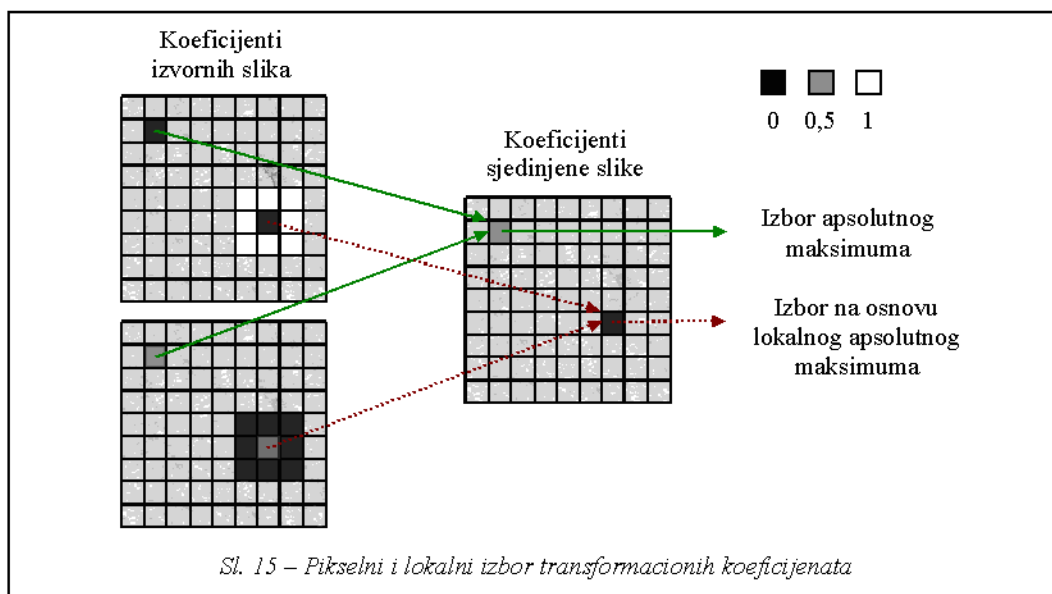
Pri sjedinjavanju piramida DOLP i ROLP, računarski efikasnom sjedinjavanju i sjedinjavanju vejevlet transformacija korišćen je pikselni izbor transformacionih koeficijenata. Obeležja na slici obično su veća od jednog piksela, pa pikselni izbor ne mora biti najbolje rešenje. U literaturi su predloženi alternativni pristupi

izbora na nivou grupe piksela, koji su računarski zahtevni, ali mogu doneti određena poboljšanja [6, 9].

Na sl. 15 prikazan je pikselni i lokalni izbor transformacionih koeficijenata unutar bloka 3×3 piksela. Pri lokalnom izboru transformacionih koeficijenata, centralnom pikselu bloka pridružuje se transformacioni koeficijent izvorne slike koja u njegovom lokalnom okruženju sadrži istaknuta obeležja (apsolutni maksimum).

Na osnovu pravila selekcije može se formirati selekciona mapa (sl. 16a).

Nulte vrednosti selekcione mape odgovaraju pikselima kojima su pridružene transformacione vrednosti prve izvorne slike, a jedinične vrednosti odgovaraju pikselima kojima su pridružene transformacione vrednosti druge izvorne slike. Selekciona mapa je predmet verifikacije (consistency verification). Ukoliko je centralnom pikselu selekcione mape pridružen transformacioni koeficijent prve slike, a većini piksela u okruženju transformacioni koeficijenti druge slike, centralni piksel selekcione mape invertuje se i pridružuje mu se transformacioni koeficijent druge slike. Na sl. 16 ilustrovan je



postupak verifikacije, pri čemu je korišćen blok dimenzija 3×3 piksela. Na sl. 16b prikazan je samo validni deo selekcione mape nakon verifikacije (uokviren isprekidanom linijom).

Lokalnim izborom sa verifikacijom dominantna obeležja izvornih slika prenose se u sjedinjenu sliku.

Zaključak

Rad prikazuje osnovnu ideju multi-senzorskog sjedinjavanja informacija. Opisana je Gaus-Laplasova piramida, kao osno-

va nekih metoda sjedinjavanja, i opisano je pet metoda pikselnog sjedinjavanja slika: aritmetičko sjedinjavanje, sjedinjavanje DOLP piramida izvornih slika, sjedinjavanje ROLP piramida izvornih slika, sjedinjavanje vejvlet transformacija izvornih slika i računarski efikasno sjedinjavanje. Razmatrano je sjedinjavanje dve izvorne slike, a opisani metodi sjedinjavanja mogu se primeniti i na više izvornih slika.

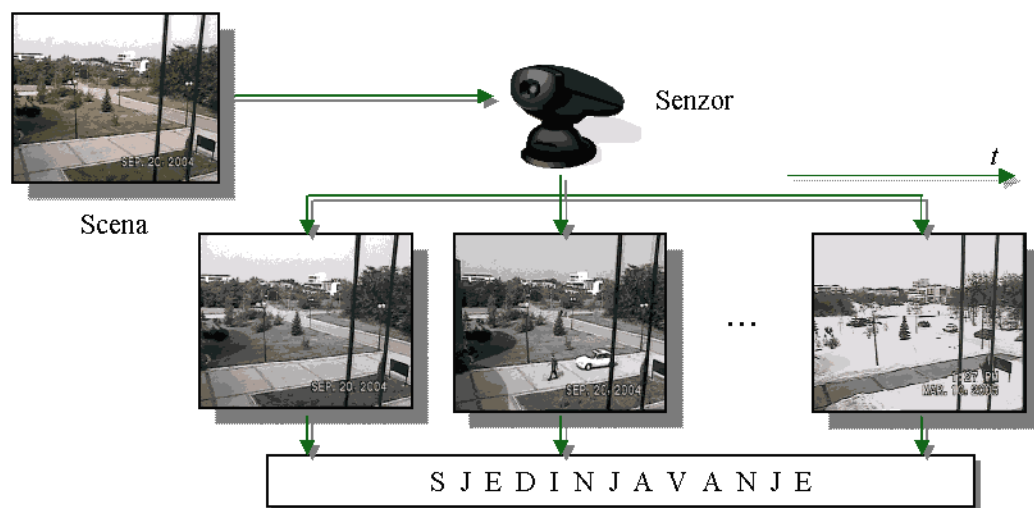
Slike korišćene u radu su usaglašene (prostorno i vremenski), što predstavlja preduslov za uspešno sjedinjavanje iz-

vornih slika. Prikazani rezultati pokazuju univerzalnost metoda sjedinjavanja, tj. mogućnost primene opisanih metoda u različitim aplikacijama (medicini, daljinskom osmatranju), a navedene su i prednosti koje daje sjedinjena slika u odnosu na izvorne slike.

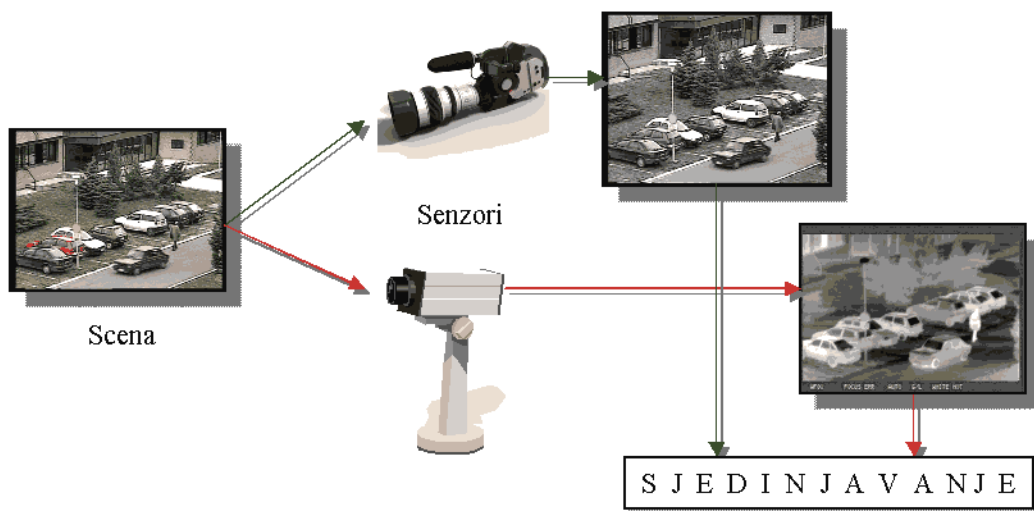
Dalji rad treba da bude usmeren na implementaciju metoda za objektivnu procenu kvaliteta sjedinjavanja.

Literatura:

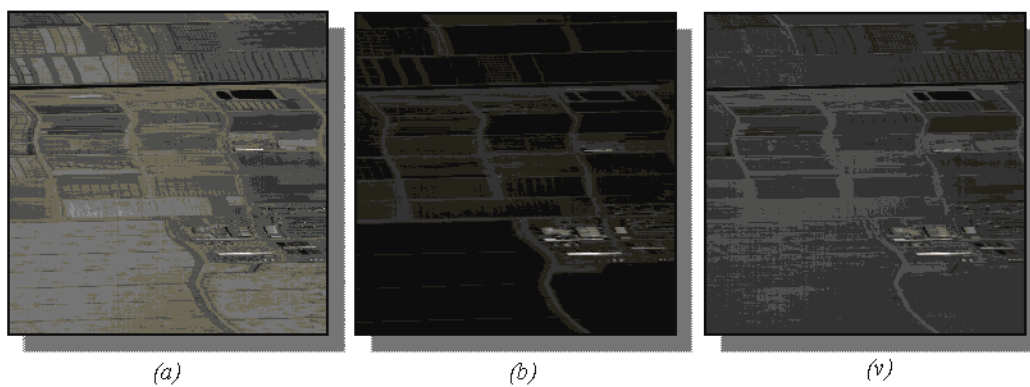
- [1] Petrović, V.; Znić, B.: Multisenzorsko sjedinjavanje informacija za otkrivanje, praćenje i identifikaciju ciljeva, 9. Telekomunikacioni forum TELFOR 2001, Srbija, Beograd, 2001.
- [2] Investigations of Image Fusion, Lehigh University, The Online Resource for Research in Image Fusion, http://www.eecs.lehigh.edu/SPCRL/IF/image_fusion.htm, 06.07.2007.
- [3] Canga, E. F.: Image Fusion, MSc Thesis, University of Bath, 2002.
- [4] Burt, P. J.; Adelson, E. H.: The Laplacian Pyramid as a Compact Image Code, IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-31, No. 4., 1983.
- [5] Toet, A.: Image fusion by a ratio of low-pass pyramid, Pattern Recognition Letters 9, 245–253, 1989.
- [6] Li, H.; Manjunath, B. S.; Mitra, S. K.: Multisensor Image Fusion Using the Wavelet Transform, Graphical Models and Image Processing, Vol. 57, No. 3, 235–245, 1995.
- [7] Petrović, V.: Multisensor pixel-level Image Fusion, PhD Thesis, Manchester University, UK, 2001.
- [8] The Online Resource for Research in Image Fusion, <http://www.imagefusion.org>, 06.07.2007.
- [9] Petrovic, V.; Cootes, T.: Objectively adaptive image fusion, Information Fusion 8, 168–176, 2007.



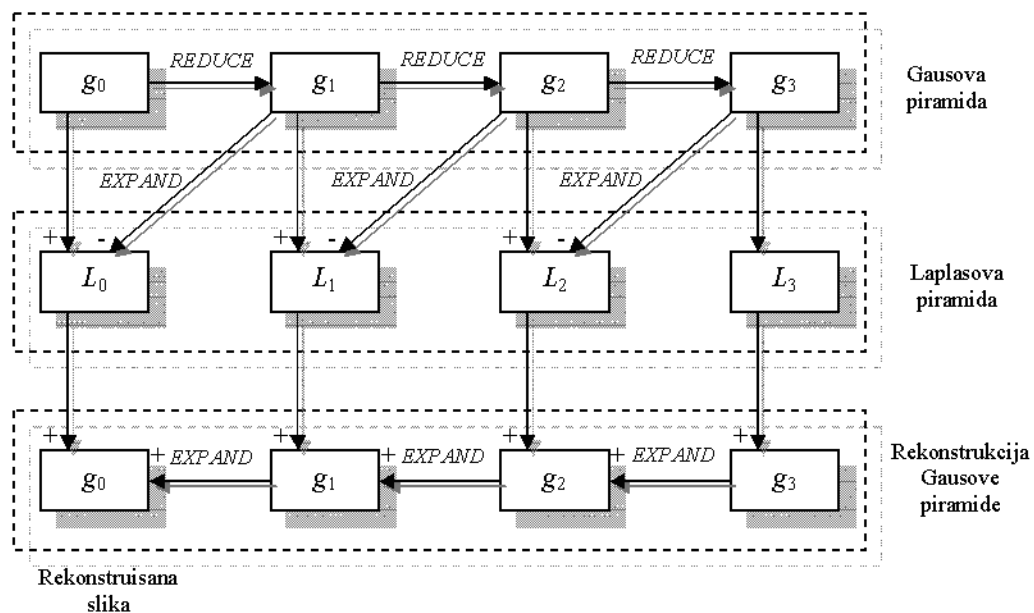
Sl. 2 – Sjedinjavanje slika dobijenih sa jednog senzora



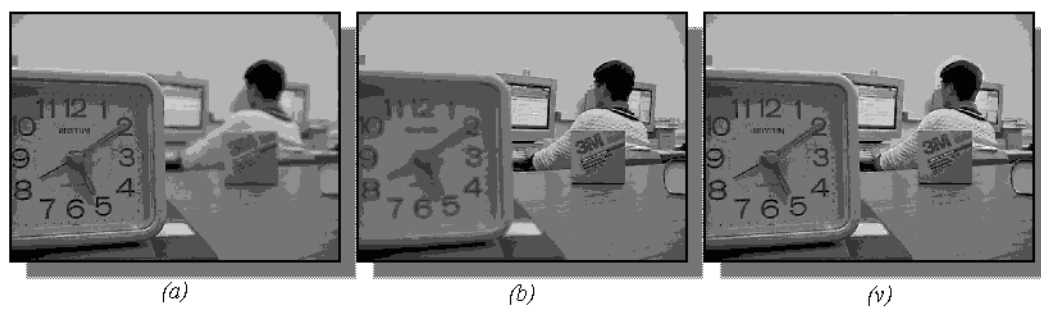
Sl. 3 – Multisenzorsko sjedinjavanje slika



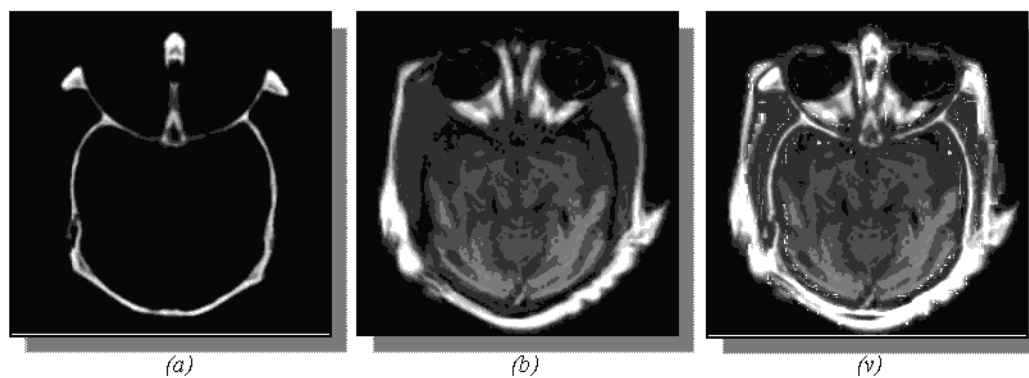
Sl. 4 – (a) (b) izvorne slike; (v) sjedinjena slika ($k_a=k_b=0,5$, $C=0$)



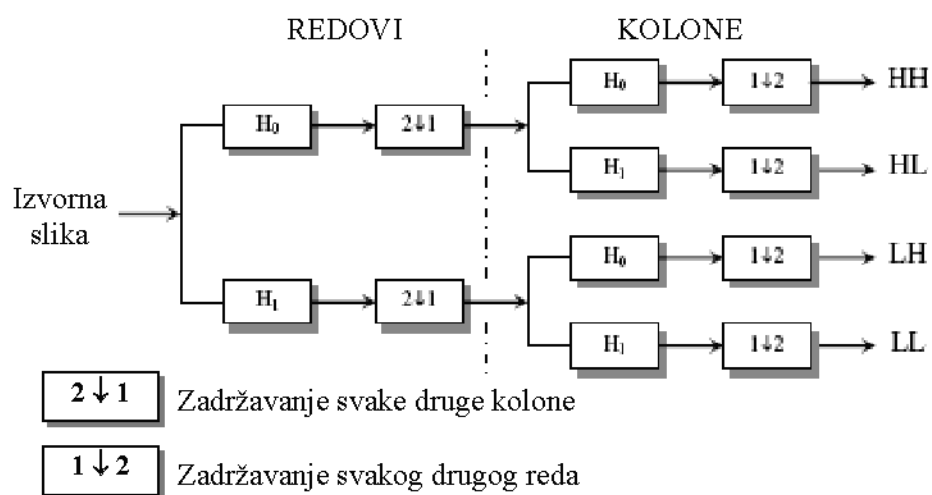
Sl. 5 – Postupak generisanja Gaus-Laplasove piramide i rekonstrukcije izvorne slike



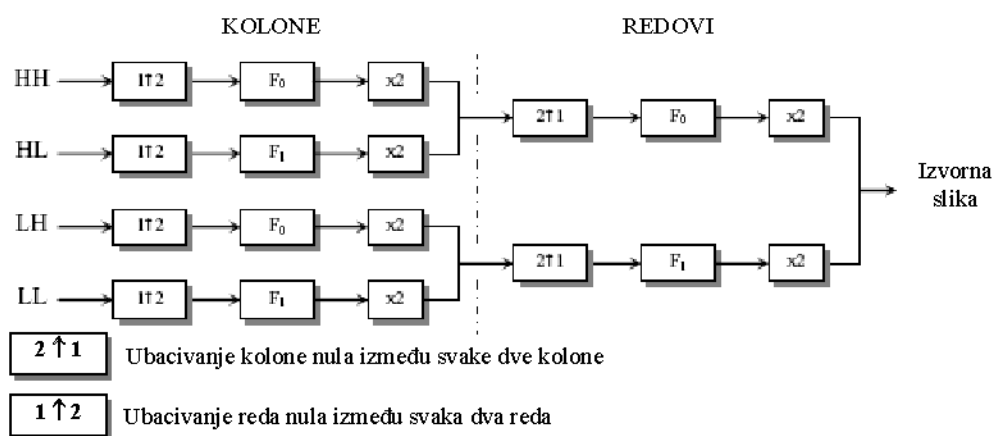
Sl. 6 – (a) (b) izvorne slike; (v) sjedinjena slika



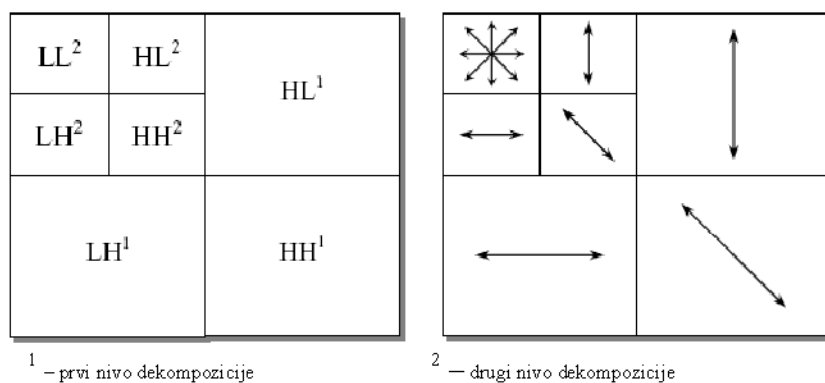
Sl. 7 – (a) (b) izvorne slike; (v) sjedinjena slika



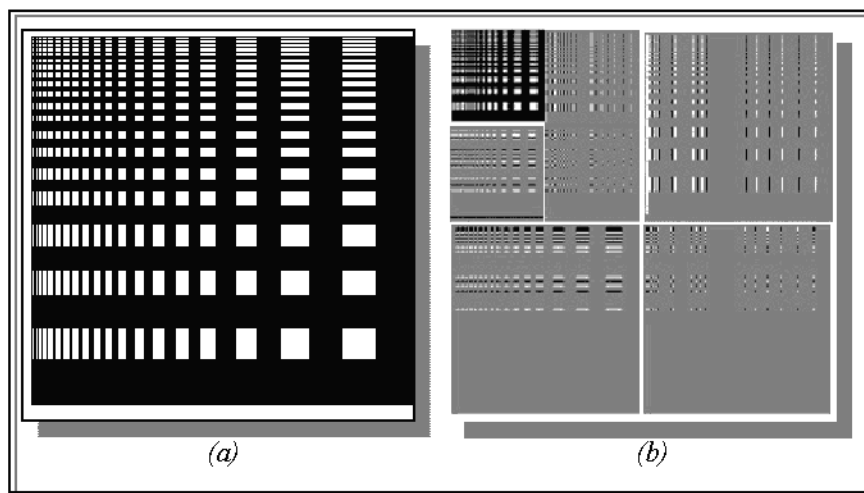
Sl. 8 – Struktura banke filtera DWT (analiza signala)



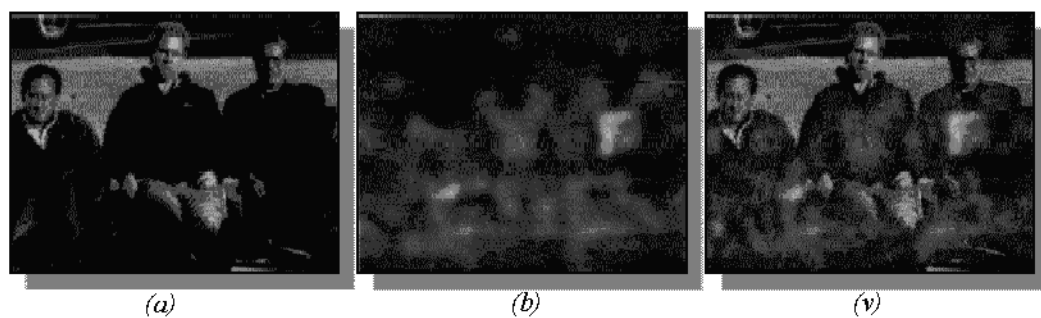
Sl. 9 – Struktura banke filtera inverzne DWT (sinteza signala)



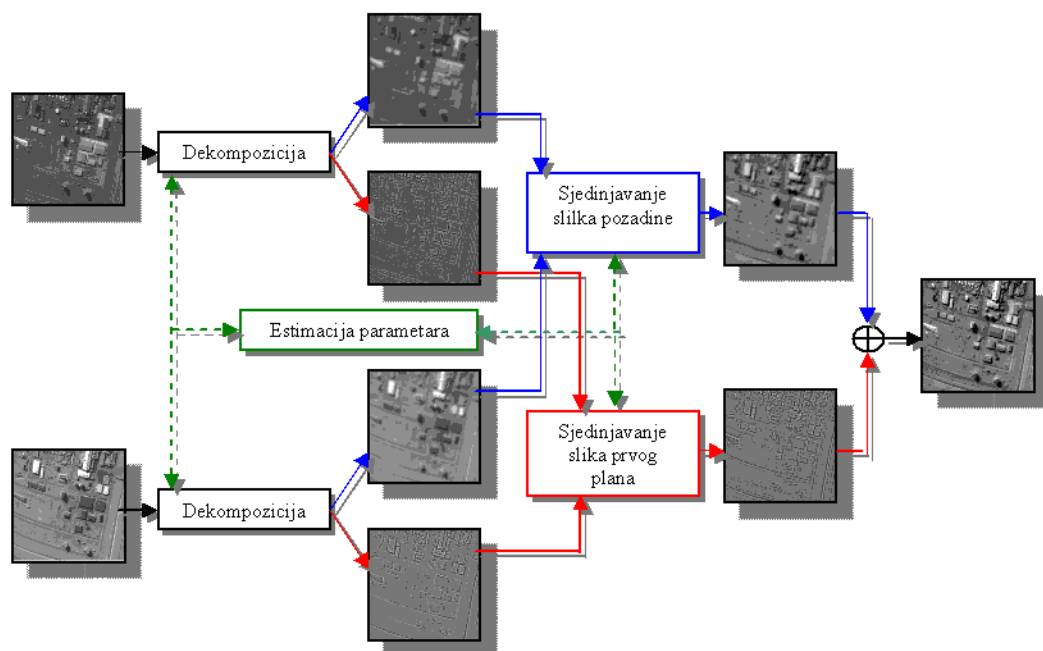
Sl. 10 – Dekompozicija slike (svaki opseg ima prirodnu orijentaciju)



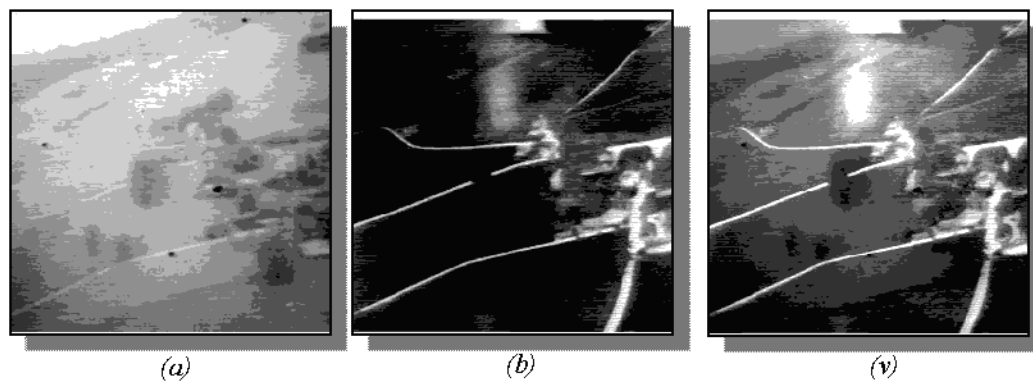
Sl. 11 – (a) izvorna slika; (b) vejevlet dekompozicija izvorne slike



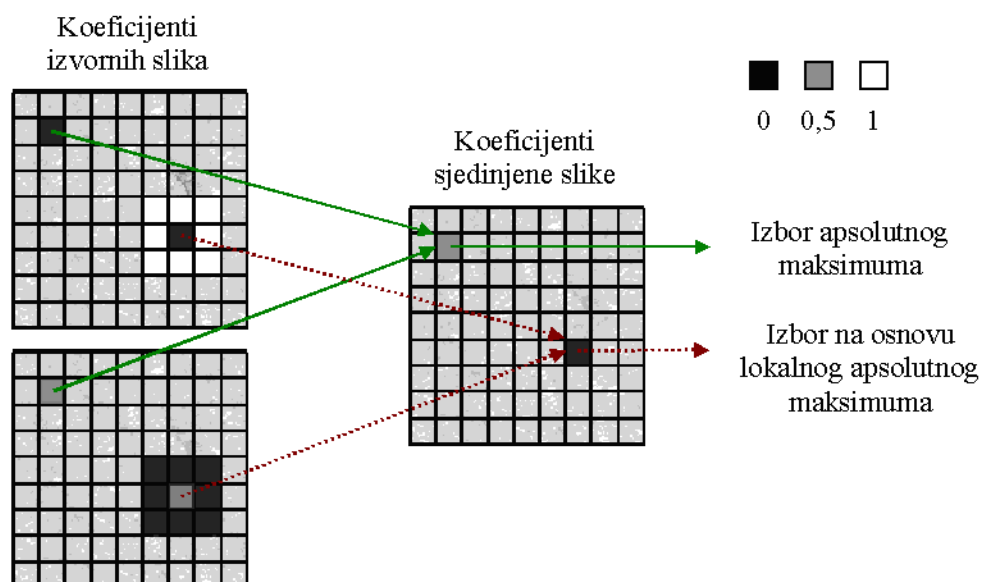
Sl. 12 – (a) (b) izvorne slike; (v) sjedinjena slika



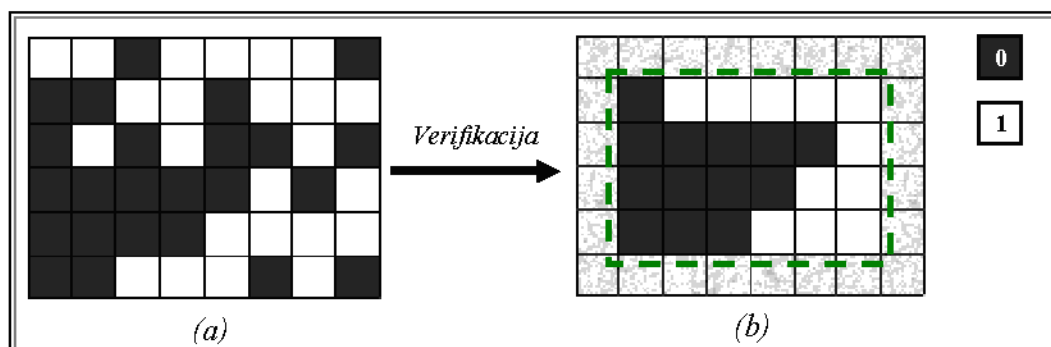
Sl. 13 – Generalna struktura računarski efikasnog sjedinjavanja



Sl. 14 – (a) (b) izvorne slike; (v) sjedinjena slika



Sl. 15 – Pikslni i lokalni izbor transformacionih koeficijenata



Sl. 16 – Selekciona mapa pre i posle verifikacije

Docent dr Nebojša Nikolić,
potpukovnik, dipl. inž.
Institut za strateška istraživanja,
Sektor za politiku odbrane MO

KORISNIČKI ASPEKT PRELAZNOG REŽIMA RADA SISTEMA MASOVNOG OPSLUŽIVANJA

UDC: 65.012.122 : 355.1

Rezime:

Problem početnog, prelaznog, nestacionarnog perioda ili perioda zagrevanja postoji niz decenija, kao važan i još uvek aktuelan problem u simulacionom modelovanju sistema masovnog opsluživanja (SMO). Uz primenu jedne teorijske aproksimacije za određivanje dužine prelaznog perioda sugerise se potencijalni uticaj prelaznog režima na mere performanse sistema. U radu se daje i autorovo viđenje prirode ovog problema, kao i mogući pravac njegovog rešavanja.

Ključne reči: prelazni režim, masovno opsluživanje, simulacija.

PRACTICAL ASPECTS OF THE TRANSIENT REGIME IN QUEUEING SYSTEMS

Summary:

The issue of the initial, transient, non-stationary regime in the queueing system simulation modeling has been an important and still intriguing question for decades. A theoretical approximation for determining the relaxation time in the queueing process was used to show importance and effects of the transient regime on the measures of queueing system performances. The paper also offers the author's view on the nature of the initial transient regime issue as well as a possible way to tackle it.

Key words: initial transient regime, queueing, simulation.

Uvod

Na jednoj renomiranoj konferenciji o simulacijama (Winter Simulation Conference – serija godišnjih američkih konferencija posvećenih simulaciji), održanoj decembra 2005, poznati operacioni istraživač i profesor na Stanford univerzitetu Peter Glin postavio je, pored ostalih, i sledeća pitanja [1]:

1) „U kojim tipovima simulacija početni prelaz i dužina inicijalizacije su često i značajno problematične?

2) Postoji li neka teorijska aproksimacija koja će baciti svetlo na dužinu trajanja početnog prelaza?“

Naučna referentnost, vreme i mesto gde su ova pitanja deklarirana nesumnjivo daje odgovarajući visok nivo značajnosti i aktuelnosti istaknutim pitanjima, čak i u našem vojnoakademsom i vojnonaučnom okruženju. Po logici stvari, to bi trebalo da važi i za potencijalne odgovore na postavljena pitanja. Dobrim poznavacima simulacionog modelovanja ova pitanja nisu nova. Reč je o problemima koji su prepoznati već u prvim radovima u oblasti simulacionog modelovanja, dakle, poznati su već nekoliko decenija. Pomenućemo samo nekoliko autora radova iz različitih perioda: Gafarian, Anker i Morisaki 1978, [2]; Odoni i

Rut 1983, [3]; Pawlikovski 1990. i 2002, [4], [5]; Yau 2000, [6] i panel-diskusija [7] renomiranih autora u oblasti simulacionog modelovanja.

Problem početnog prelaza poznat je pod više naziva: početna (inicijalna) faza simulacije; prelazni period; period zagrevanja; nestacionarni period, itd. Do sada je u svetu objavljen veliki broj radova koji tretiraju ovaj problem, pri čemu su predložena i mnoga rešenja, ali je problem ostao aktuelan i u današnje vreme, što na neki način potvrđuju i navedeni upiti profesora Glina.

Svrha ovog rada jeste upoznavanje domaće naučne i stručne javnosti sa fenomenom prelaznog perioda, kao i prikaz potencijalnih odgovora na prethodno navedena pitanja. Za ilustraciju praktičnog značaja prelaznog režima rada sistema masovnog opsluživanja koristiće se jednostavni primer iz oblasti logistike.

Problem početnog prelaza

Na osnovu navedenih ali i brojnih drugih radova, može se reći da problem početnog prelaza postoji, pre svega, kod simulacije sistema masovnog opsluživanja (SMO u daljem tekstu). Najčešće razmatrani tip SMO je $M/M/n/m/FIFO$ u Kendalovoj oznaci (videti Vukadinovića, 1988, [11]). U razmatranju problema početnog prelaza obično se razmatra SMO tipa $M/M/1/\infty$, što je i ovde slučaj. U klasičnom, analitičkom opisu ovaj tip SMO predstavljen je sistemom diferencijalnih jednačina prvog reda [11] sa konstantnim koeficijentima. Argument ili nezavisna promenljiva u ovom sistemu jednačina je vreme, što implicira zaključak o dinamičkom ponašanju SMO, bez obzira na

konstantne koeficijente koji predstavljaju konstantne intenzitete tokova klijenta.

Diferencijalne jednačine stanja SMO tipa $M/M/n/m$ vrlo su jednostavne, a njihov broj direktno zavisi od broja mogućih stanja u kojima se SMO može naći. Poseban slučaj predstavljaju SMO bez posebnog ograničenja broja klijenata u redu, a time i sa neograničenim brojem mogućih stanja sistema. Postupak rešavanja ovog sistema diferencijalnih jednačina stanja SMO, međutim, nije ni malo lak, a rešenja su takve složenosti da su vrlo nepogodna za primenu u praktičnim proračunima. Složenost rešavanja i samih rešenja vrtoglavo raste sa povećanjem broja jednačina stanja SMO. O tome svedoče podaci u tabeli 1, gde je rešenje za SMO $M/M/1/\infty$ najsloženije i citirano iz literature (Klajnrok 1975, [8]). U široj literaturi, ova rešenja obično se nazivaju prelazna rešenja ili rešenja za prelazni režim. Međutim, jasno je da su to kompletna rešenja koja važe za bilo koje vrednosti nezavisne promenljive, dakle važe i za prelazni i za stacionarni režim rada.

U prilog značaju razmatranja prelaznog režima navode se reči našeg poznatog profesora Vukadinovića [11], koji kaže: „Sve vreme rada sistema može se podeliti na dva intervala: interval $(0, t_p)$ i interval (t_p, ∞) . Interval vremena $(0, t_p)$ naziva se interval prelaznog režima rada sistema, a interval (t_p, ∞) interval stacionarnog režima rada sistema. Veličina t_p je momenat kada sistem prelazi iz prelaznog u stacionarni režim rada“. Dalje, na strani 83, Vukadinović konstatuje: „U slučaju kada proces opsluživanja ne traje dugo, potrebno je uzeti u obzir uslov nestacionarnosti. Zato su od posebnog značaja pitanja kada mogu da se koriste rešenja stacionarnog režima rada i ka-

kva će pri tom biti greška“. Pred kraj iste knjige (strana 183), Vukadinović zaključuje: „U dosadašnjim razmatranjima bitno smo uprostiti zadatak određivanja verovatnoća različitih stanja, ograničavajući se na stacionarni režim rada, jer svaki sistem opsluživanja dostiže ovaj režim rada posle određenog vremena i pod određenim ograničenjima. U primenama nas, međutim, često interesuje i prelazni period“.

U vojnim primenama, u razmatranju sistema i procesa opisivih kao SMO, postoji upravo imperativna potreba za proučavanjem prelaznog perioda. Osnovni razlog za to je prosta činjenica da se mora uvažiti vremenski faktor, pogotovo zbog konačnog trajanja ratova, bojeva, misija i drugih procesa.

Da bi se jednostavno ilustrovala sva složenost izraza iz tabele 1 (pre svega za

Tabela 1

Uporedni prikaz teorijskih rešenja za verovatnoće stanja SMO tipa $M/M/1/0$, $M/M/1/1$ i $M/M/1/\infty$

Tip SMO	Jednačine stanja	Početni i normirajući uslovi	Rešenja
$M/M/1/0$	$p_0'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t)$ $p_1'(t) = \lambda p_0(t) - \mu p_1(t)$	$p_0(0) = 1$ $p_1(0) = 0$ $\sum_{i=0}^1 p_i(t) = 1$	$p_0(t) = \frac{1}{1+\rho} + \frac{\rho}{1+\rho} e^{-(\lambda+\mu)t}$ $p_1(t) = \frac{\rho}{1+\rho} - \frac{\rho}{1+\rho} e^{-(\lambda+\mu)t}$
$M/M/1/1$	$p_0'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t)$ $p_1'(t) = \lambda p_0(t) - (\lambda + \mu) p_1(t) + \mu p_2(t)$ $p_2'(t) = \lambda p_1(t) - \mu p_2(t)$	$p_0(0) = 1$ $p_1(0) = 0$ $p_2(0) = 0$ $\sum_{i=0}^2 p_i(t) = 1$	$p_0(t) = \frac{1}{1+\rho+\rho^2} + \frac{\rho}{2(1+\rho+\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu+\sqrt{\lambda\mu})t} + \frac{\rho}{2(1+\rho-\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu-\sqrt{\lambda\mu})t}$ $p_1(t) = \frac{\rho}{1+\rho+\rho^2} - \frac{\rho(1+\sqrt{\rho})}{2(1+\rho+\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu+\sqrt{\lambda\mu})t} - \frac{\rho(1-\sqrt{\rho})}{2(1+\rho-\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu-\sqrt{\lambda\mu})t}$ $p_2(t) = \frac{\rho^2}{1+\rho+\rho^2} + \frac{\rho\sqrt{\rho}}{2(1+\rho+\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu+\sqrt{\lambda\mu})t} - \frac{\rho\sqrt{\rho}}{2(1+\rho-\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu-\sqrt{\lambda\mu})t}$
...	...	...	...
$M/M/1/\infty$	$p_0'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t)$ $p_n'(t) = \lambda p_{n-1}(t) - (\lambda + \mu) p_n(t) + \mu p_{n+1}(t)$ gde je: $n \geq 1$	$p_0(0) = 1$ $p_n(0) = 0$ $\sum_{i=0}^n p_i(t) = 1$	$p_n(t) = e^{-(\lambda+\mu)t} \left[\rho^{(n-i)/2} I_{n-i}(at) + \rho^{(n-i-1)/2} I_{n+i+1}(at) + (1-\rho) \rho^n \sum_{j=n+i+2}^{\infty} \rho^{j/2} I_j(at) \right]$ gde je: $a = 2\mu\rho^{1/2}$ i $I_n(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(x/2)^{n+2m}}{(n+m)!m!}$, uz $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

SMO $M/M/1/\infty$), citiraće se renomirani autor Klajnrok, koji je bez ustručavanja i jednostavno opisao ovu situaciju (str. 78) [8]: „Poslednji izraz je veoma razočaravajući. Šta drugo reći kada odgovarajući model za najjednostavniji SMO od interesa vodi do jednog tako komplikovanog izraza za njegove verovatnoće stanja kao vremenski zavisne veličine. Kao posledicu možemo očekivati samo veću složenost i neizglednost u pokušajima da odredimo vremenski zavisno ponašanje SMO opštijih tipova“.

O složenosti ovog izraza svedoče i navodi iz poznate knjige o teoriji masovnog opsluživanja, renomiranih autora Grosa i Harisa, koji kažu sledeće (str. 75) [9]: „Rešavanje SMO $M/M/1/\infty$ za prelazni režim je komplikovana procedura... Rešenje ovog problema pojavilo se skoro pola veka posle osnovnih radova Erlanga (1909. god.). Prvo poznato rešenje je ono koje su zajedno objavili Lederman i Reuter (1956. god.), u kome su oni koristili spektralnu analizu za opšti proces rađanja i umiranja. Iste godine pojavila su se dva dodatna rada kao rešenje ovog problema, Bailey i Champernonjne (u žurnalu kraljevskog statističkog društva, London, 1956. god.)“.

Tradicionalni pristup u teoriji masovnog opsluživanja podrazumeva razmatranje i proračun sistema diferencijalnih jednačina stanja SMO za uslove stacionarnog režima rada koji, teoretski posmatrano, sigurno nastupa posle beskonačno mnogo vremena, ali uz osnovni uslov da intenzitet dolaznog toka klijenata nije veći od intenziteta opsluživanja. Pri tome se pretpostavlja da je prelazni režim, koji prethodi stacionarnom režimu, relativno kratkotrajan. Mora se naglasiti da je to, ipak, samo pretpostavka; pravi odgovor dale bi samo navedene jednačine.

Uz takvu pretpostavku ($t \rightarrow \infty$), koja se implementira već na samom početku, rešavanje sistema diferencijalnih jednačina stanja postaje vrlo jednostavno. Naime, funkcije verovatnoća stanja koje u polaznom sistemu diferencijalnih jednačina jesu u funkciji vremena, posle beskonačno mnogo vremena postaju konstantne. To dalje znači da prvi izvodi funkcija verovatnoća stanja postaju jednaki nuli. Posledica je da polazni sistem diferencijalnih jednačina stanja prelazi u formu sistema algebarskih jednačina, a dalji postupak, kao i sama rešenja, postaje veoma jednostavan (ovaj postupak može se naći u osnovnoj literaturi za teoriju masovnog opsluživanja, kao npr. kod Vukadinovića [11], pa se ovde ne navodi).

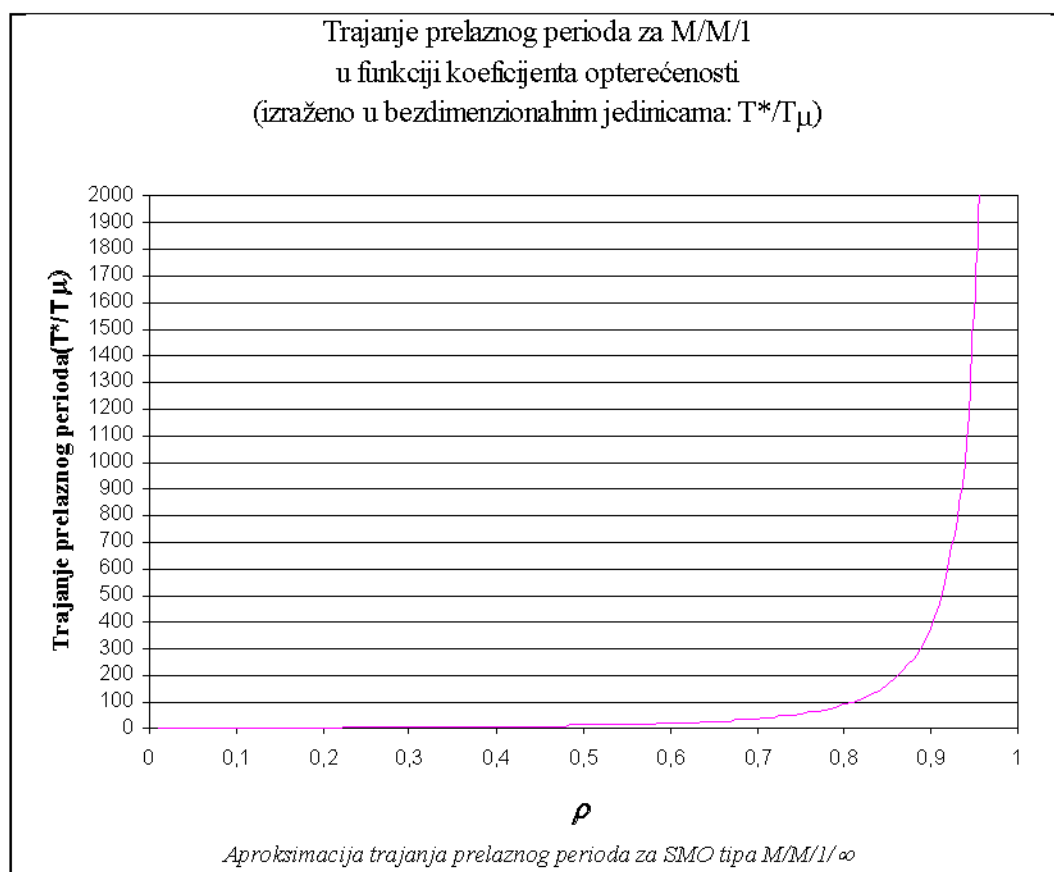
Za razliku od teorijskog tretmana prelaska na razmatranje stacionarnog režima SMO, gde se „potezom pera“ (implementacijom stava: „ $t \rightarrow \infty$ “) stiže u stacionarni režim, u simulaciji SMO „Monte Karlo“ to ni izbliza nije tako. Naime, pri simulaciji SMO obično se polazi od logične spoznaje (kada je ona validna, tj. važi za realni sistem koji se modeluje) da je SMO na početku rada prazan, tj. da u njemu nema klijenata. I tada simulacioni model SMO zaista simulira (oponaša) ponašanje SMO, pa polazeći od stanja da na početku rada u SMO nema klijenata, zaista prolazi kroz prelazni režim na svom putu do stacionarnog režima. Statistika za mere performanse SMO koje se prate tada sadrži i podatke svojstvene prelaznom režimu rada. Ako se, ipak, želi statistika pokazatelja rada SMO samo za stacionarni režim, postavlja se pitanje kada on nastupa, odnosno koliki je početni (inicijalni, prelazni, itd.) deo koji treba isključiti iz razmatranja.

Problem prelaznog režima u simulaciji SMO posebno dolazi do izražaja kada je broj mogućih stanja SMO veliki ili, čak, neograničen. Isto važi i u slučaju visoke opterećenosti servera („heavy-traffic“), što se čak prikazuje i kao poseban problem u simulaciji SMO, ali i u teorijskim radovima. U tim slučajevima prelazni režim postaje vrlo dug, čak do te mere da je moguće da čitavo vreme funkcionisanja provede u prelaznom režimu i tako uopšte i ne dođe do stacionarnog režima. Otuda se i dobijeni simulacioni rezultati mogu mnogo razlikovati od onih koji su nam dostupni i praktično raspoloživi iz teorije, tj. od rezultata za stacionarni režim. U nizu radova poslednjih decenija problem prelaznog perioda identi-

fikovan je kao prepreka obezbeđenju tačnosti simulacionih rezultata. Referenca u odnosu na koju se posmatra pomenuta tačnost jesu teorijske vrednosti posmatranih veličina, ali samo za stacionarni režim rada SMO.

Teorijska aproksimacija dužine početnog prelaza

Za tip SMO $M/M/1/\infty$, kao jedan od relativno najjednostavnijih, ali i najčešće proučavanih modela, moguće je iskoristiti i neke analitičke rezultate, na primer Morseov [10], ili Grosov i Harisov [9]. Ovi rezultati postoje već veoma dugo i vrlo su jednostavni, pa je neshvatljivo zašto do sada nisu našli širu primenu. Na osnovu rezulta-



ta Morsea može se izvesti sledeći izraz za određenje dužine prelaznog perioda:

$$T^* = \frac{T_\mu}{(1 - \sqrt{\rho})^2} \quad (1)$$

gde su:

T^* – vreme relaksacije (tj. vreme trajanja prelaznog režima, odnosno praktični početak stacionarnog perioda),

T_μ – prosečno vreme opsluživanja ($T_\mu = 1/\mu$) i

ρ – koeficijent opterećenosti sistema ($\rho = \lambda/\mu$).

Korišćenjem ove jednostavne formule može se lako odrediti trajanje prelaznog perioda za SMO tipa M/M/1/∞, u funkciji nivoa opterećenosti.

Na slici je prikazano trajanje prelaznog perioda proračunato primenom prethodnog izraza (1), za SMO tipa M/M/1/∞. Trajanje prelaznog perioda izraženo je u relativnim jedinicama, odnosno preko prosečnog vremena opsluživanja. Na taj način dobija se univerzalni uvid u trajanje prelaznog perioda, nezavisno o kojim vremenskim jedinicama je reč (milisekunde, sati, dani, itd.) u realnom sistemu tipa M/M/1/∞.

Korisnički aspekt prelaznog režima

Pored demonstracija primene izložene teorijske aproksimacije za dužinu prelaznog perioda, u ovom delu članka biće prikazan i korisnički aspekt prelaznog režima rada, odnosno njegov uticaj na mere performanse SMO, prema Nikoliću [17].

U primeru se razmatra proces evakuacije oštećenih i otkazalih tenkova

oklopne brigade u borbenim dejstvima. Za evakuaciju ovih tenkova do mesta gde će se vršiti opravke koristi se vučni voz. Uzima se da je na raspolaganju samo jedan vučni voz (jdnokanalni SMO). Radi jednostavnijeg numeričkog proračuna pretpostavlja se da je raspodela vremena između pojave dva zahteva za angažovanjem vučnog voza, radi evakuacije oštećenog tenka, po eksponencijalnoj raspodeli (Poasonov potok clijenata) i da je raspodela vremena evakuacije vučnim vozom, takođe, po eksponencijalnom zakonu. Borbena dejstva koja izvodi ova brigada imaju načelno vreme trajanja angažovanja brigade u boju (5 dana). Razmatraju se tri varijante vrednosti ulaznih podataka, prema tabeli 2.

Tabela 2

Ulazne vrednosti za zadatak

Varijanta	Prosečno vreme između pojave zahteva za vučni voz (T_λ)	Prosečno vreme rada vučnog voza (T_μ)	Koeficijent opterećenosti (ρ)
1.	240 minuta	200 minuta	0,833
2.	200 minuta	190 minuta	0,95
3.	200 minuta	240 minuta	1,2
Sistem masovnog opsluživanja tipa M/M/1/∞			

Razmatranjem ovog zadatka treba doći do odgovora na sledeća praktična pitanja koja se mogu, a najčešće se i postavljaju u vojnoj praksi: „Za koliko vremena mogu očekivati da se moj tenk popravi?“ (tipično pitanje, ali i sugestivni zahtev komandanta oklopnog bataljona; ovo pitanje može postaviti i komandant ili načelnik štaba ili načelnik OMJ, organu logistike); „Koliko mesta moram da pripremim na SOT-u (sabiralište oštećene tehnike)? Koju dinamiku angažovanja vučnog voza mogu da očekujem?“ (ko-

mandir jedinice za održavanje); „Da li je vašoj brigadi zaista potrebna podrška pri evakuaciji oštećenih tenkova, tj. da li vam treba još koji vučni voz i koliko?“ (načelnik TSI korpusa).

Sva ova i druga slična pitanja slivaju se na jedno mesto – kod načelnika tehničke službe brigade. On se smatra najodgovornijim, ali i najkompetentnijim da pronađe tražene odgovore.

Ova relativno jednostavna situacija ima svoju težinu:

- prvo, kanal opsluživanja predstavlja vučni voz; njegova cena je visoka, pa stoga nije racionalno, a nekad ni moguće obezbediti veći broj tih sredstava; takođe, za vučni voz je potrebna i odgovarajuća, dobro obučena posada, što takođe ima svoju cenu;

- drugo, klijenti su oštećeni tenkovi koje treba evakuisati radi opravke; njihova cena je takođe visoka;

- treći, najvažniji aspekt: borbeno važnost tenkova je mnogo veća od njihove cene. Izvršenje borbenog zadatka zavisi od operativne gotovosti jedinice, odnosno od broja tenkova „u stroju“. Ako neki od njih bude izbačen iz borbe (ne i uništen) cilj je da se što pre vrati u istu borbu. Za ilustraciju može poslužiti primer bitke za Tobruk, u severnoj Africi, aprila 1941, i odličnog rezultata nemačkih logističkih jedinica: od 100 tenkova izbačenih iz stroja 88 je popravljeno i vraćeno u istu bitku!

- četvrto, i borbeno logistička pravila definišu važnost ovog i sličnih zadataka: „obezbediti maksimalni broj, za borbu kritičnih (važnih) sredstava, uz ograničene resurse“.

Uobičajeni način rešavanja zadataka ovog tipa podrazumeva primenu rezulta-

ta klasične teorije masovnog opsluživanja, uz redovno zanemarivanje činjenice da realni SMO radi konačno vreme (u ovom primeru 5 dana), kao i uz odbacivanje treće varijante zadatka ($\rho > 1$), kao „neprihvatljive“ sa aspekta klasične teorije masovnog opsluživanja. U tabeli 3 prikazani su rezultati (i izrazi po kojima su dobijeni rezultati) uobičajenog načina rešavanja ovakvih zadataka, odnosno određivanje samo rešenja za stacionarni period, za mere performanse koje su najvažnije korisnicima.

Tabela 3
Rezultati primenom klasične teorije masovnog opsluživanja

Varijanta	Prosečno vreme čekanja u redu $W_{ij} = T_{\mu} \rho / (1 - \rho)$	Prosečna dužina reda $L_{ij} = \rho^2 / (1 - \rho)$	Prosečna opterećenost kanala opsluživanja $\rho = \lambda/\mu$
1.	1000 minuta	4,17	0,833
2.	3610 minuta	18,05	0,95
3.	Neprimenljivo za $\rho > 1$! (tj. ∞ i ∞)		1,2
Sistem masovnog opsluživanja tipa: M/M/1/ ∞			

Ova uobičajena rešenja sada će, međutim, biti osporena određenim, takođe analitičkim putem, odnosno primenom aproksimativnog analitičkog izraza Morsea, koji sledi u nešto izmenjenoj formi:

$$\frac{T^*}{T_{\mu}} = \frac{1}{(1 - \sqrt{\rho})^2} \quad (2)$$

gde su:

T^* – vreme relaksacije (tj. vreme trajanja prelaznog režima, odnosno praktični početak stacionarnog perioda),

T_{μ} – prosečno vreme opsluživanja ($T_{\mu} = 1/\mu$) i

ρ – koeficijent opterećenosti sistema ($\rho = \lambda/\mu$).

Primenom ovog jednostavnog izraza lako se određuju trajanja prelaznog perioda, odnosno praktični početak stacionarnog perioda rada SMO, tabela 4.

Tabela 4
Praktični početak stacionarnog perioda prema teorijskoj aproksimaciji

T_{μ} (minuta)	Koeficijent opterećenosti (ρ)	Praktični početak stacionarnog perioda [izraženo preko T_{μ}]	Trajanje boja [izraženo preko T_{μ} : 7200 minuta / T_{μ}]
200	0,833333	132	36
190	0,95	1560	38
240	1,2	110	30

Na osnovu rezultata iz tabele 4, može se zaključiti da posmatrani SMO, za vreme svog angažovanja (pet dana ili 7200 minuta) neće dospeti do praktičnog početka stacionarnog perioda rada SMO pri datim uslovima. Odnosno, za sve vreme angažovanja ovaj SMO radi u režimu karakterističnom za prelazni period (čak je i veoma daleko od stacionarnog perioda). Prema tome, rezultati za mere performanse koji se dobijaju uobičajenom primenom klasične teorije masovnog opsluživanja (tabela 3), a koji važe samo za stacionarni period, nisu validni, tj. ne važe za ovaj zadatak, jer posmatrani SMO za date uslove i vreme rada ne stiže ni blizu stacionarnog perioda.

Logično pitanje koje se ovde može postaviti jeste: ako ti rezultati nisu validni, kako odrediti tačne rezultate, koji nas zanimaju?

Efikasan odgovor moguće je dobiti jedino primenom druge metodologije rešavanja zadatka, odnosno metode simulacionog modelovanja. Međutim, i ovde postoje „uobičajeni“ (poznati, najčešće primenjivani) simulacioni pristupi. Najčešći „uobičajeni“ simulacioni pristup jeste praktična emulacija (kopiranje) onoga što pokriva klasična teorija masovnog opsluživanja, odnosno ravnanje prema rezultatima koji važe samo za stacionarni period. U simulacionom modelovanju SMO postoje, načelno, dva pristupa koji još uvek nemaju naš odgovarajući termin (ali ni jedinstven naziv u svetu, već ima nekoliko termina), pa će biti navedeni u originalu i u slobodnom prevodu:

A) „one simulation run; long simulation run; steady-state simulation; infinite-horizon simulation; non-terminated simulation“, odnosno: jedan simulacioni prolaz (jedna simulacija); dugi simulacioni prolaz; simulacija stacionarnog stanja; „neograničena“ simulacija.

B) „independent replications; replications in parallel; parallel replications; terminating simulation“, odnosno: nezavisna ponavljanja (misli se na simulacioni eksperiment); paralelna ponavljanja; terminirajuća („konačna“) simulacija.

U nastavku slede rezultati primene oba navedena simulaciona pristupa. Svi simulacioni modeli kreirani su korišćenjem simulacionog jezika GPSS/FON, [15]. Cilj prikaza simulacionih rezultata, dobijenih na nekoliko uobičajenih načina simulacionog modelovanja, jeste da se ukaže na njihovu inferiornost u odnosu na simulacione modele kreirane uz primenu inovirane simulacione metode [19]. U daljem rešavanju razmatrana je samo prva varijanta zadatka.

A) Jedna „duga“ simulacija

Ovde će biti razmotreno šta se dešava sa simulacionim rezultatima kada se primeni najpopularniji uobičajeni pristup kreiranju simulacionih modela. Reč je o realizaciji jedne „duge“ simulacije. Dužina simulacije može da se izrazi preko broja generisanih klijenata ili preko definisanog vremena trajanja eksperimenta (primenjeno u ovom primeru). Postoji više načina, relativno složenih, za određivanje dužine trajanja simulacije, kao i jedan najjednostavniji, koji je i ovde primenjen. To je proizvoljno i sukcesivno povećavanje trajanja simulacije. U konkretnom primeru razmotrena su tri slučaja: dužina simulacije je povećana najpre 10 puta, zatim 100 puta i na kraju 1000 puta, u odnosu na pravu (verodostojnu) vrednost dužine rada realnog SMO.

Ovaj uobičajeni i popularni simulacioni pristup orijentisan je na dobijanje stacionarnih vrednosti posmatranih mera performansi. Pri tome se kvalitet simulacionih rezultata meri prema tome koliko su oni bliski stacionarnim vrednostima dobijenim na osnovu klasične teorije masovnog opsluživanja (ova provera moguća je samo za jednostavnije SMO, za koje postoje analitička rešenja u teoriji masovnog opsluživanja). Radi toga, simulacioni eksperiment se produžava. Na taj način, simulacioni model umesto da opisuje realnost (konačno vreme funkcionisanja), teži da emulira nekompletnu teoriju masovnog opsluživanja. Pri tome se narušava, do u potpunosti, jedan od osnovnih principa simulacionog modelovanja: princip verodostojnosti. Jednostavno rečeno, simulacioni model više ne

opisuje onaj realni sistem (simuland) zbog kojeg je i stvoren.

U ovom simulacionom pristupu, pored problema dužine trajanja simulacije, postoji još uvek i problem eliminisanja uticaja početne faze simulacije (tj. „zagrevanje modela“, „inicijalizacija“, „startovanje simulacije“, itd.). Reč je, u stvari, o uticaju režima rada sistema u prelaznom periodu. Kako je reč o simulacionom pristupu koji praktično ignoriše fenomen prelaznog perioda i nastoji da razmatra rad SMO samo u stacionarnom periodu, onda je jasno da se uticaj prelaznog perioda smatra svojevrsnom smetnjom ili šumom, koji otežava doseganje tačnijih stacionarnih vrednosti za posmatrane mere performanse.

Sa aspekta ovakvog simulacionog pristupa jasna je potreba: prvo, određivanja dužine trajanja prelaznog perioda (perioda zagrevanja, perioda inicijalizacije, itd.), i drugo, eliminacije njegovog uticaja. I ovaj problem je veoma star i još uvek nema efikasnog rešenja. Postoji više pristupa ovom problemu i svi su manje ili više složeni.

U rešavanju konkretnog zadatka iskoristiće se teorijska aproksimacija Morsea, za određivanje dužine trajanja prelaznog perioda SMO tipa $M/M/1/\infty$. Na osnovu te teorijske aproksimacije, za konkretni zadatak, za prvu varijantu opterećenja ($\rho = 0,8333$), imamo da je prelazni period dužine $132T_{\mu}$. Prema tome, u simulacionom modelu u početnom periodu dužine $132T_{\mu}$, neće se prikupljati statistički podaci. Nakon tog perioda, saglasno ovom analitičkom rezultatu, trebalo bi da praktično nastupi stacionarni period rada SMO, pa bi, shodno tome, i

simulacioni rezultati morali da odgovaraju rezultatima klasične teorije. U tabeli 5 prikazani su ovi rezultati, za tri različita trajanja „produžene“ simulacije.

Tabela 5

Rezultati „jednog dugog simulacionog prolaza“ bez prelaznog režima

Povećanje dužine simulacije u odnosu na pravu vrednost (5 dana)	Oznaka korišćenog generatora slučajnih brojeva (GSB)		Rezultati za stacionarni režim (uz isključen uticaj prelaznog perioda u dužini trajanja: $132 \cdot T_{\mu} = 132 \cdot 200 \text{ min.} = 26400 \text{ min.}$)		
	za ulazni tok klijenata	za izlazni tok klijenata	prosečno vreme čekanja u redu [minuta]	prosečna dužina reda	prosečna opterećenost kanala
10 puta (50 dana)	2	6	456	1,86	0,727
100 puta (500 dana)	2	6	743	2,97	0,808
1000 puta (5000 dana)	2	6	945	3,92	0,827
Rezultati na osnovu klasične TMO			1000	4,17	0,833

Na osnovu dobijenih rezultata evidentno je da se: svi simulacioni rezultati međusobno veoma razlikuju; veoma se razlikuju i od rezultata dobijenih klasičnom TMO (rešenja za stacionarni režim), a sa povećanjem dužine trajanja simulacije, sve više se približavaju rezultatima dobijenim na osnovu klasične TMO.

Na osnovu prethodnog logično se nameću sledeća pitanja: zašto se simulacioni rezultati dosta razlikuju međusobno; zašto se simulacioni rezultati dosta razlikuju od rezultata klasične TMO; zašto se uopšte javljaju razlike ovih rezultata; da li ima neke zakonitosti i kakve u činjenici da se sa produžavanjem simulacionog eksperimenta dobijaju sve bo-

lji rezultati; koji rezultati se mogu koristiti kao tačni; kako objasniti toliku različitost rezultata, ako je uticaj prelaznog perioda isključen za sva tri slučaja dužine simulacije?

Potrebno je razmatrati kakvi su simulacioni modeli kreirani, odnosno kakve realne situacije oni predstavljaju. Vreme angažovanja razmatranog realnog SMO je pet dana, a prema tim simulacionim modelima: u prvom slučaju to je 50 dana, u drugom slučaju to je 500 dana, i u trećem slučaju 5000 dana!

Ne samo jedan boj, već i čitavi ratovi, naročito ratovi modernog doba, ne traju toliko dugo. Iz izloženog se na najbolji način vidi sva ograničenost primene uobičajenih simulacionih pristupa, ali takođe i klasične teorije masovnog opsluživanja. Pored očigledne logičnosti, utemeljenje za ovakvu analizu jeste u konceptu verodostojnosti, poznatom u oblasti simulacionog modelovanja, [20].

Dodatno, za drugu varijantu zadatka ($\rho \rightarrow 1$) bilo bi potrebno još veće produženje simulacionih eksperimenata da bi se dobili rezultati bliski stacionarnim vrednostima; dok treća varijanta ($\rho > 1$) praktično ne bi mogla da se razmatra primenom ove simulacione metode.

B) Nezavisna ponavljanja simulacije

Sada je primenjen drugi simulacioni pristup, odnosno realizovan je veći broj nezavisnih ponavljanja simulacija. Simulacioni model kreiran je prema rezultatima istraživanja, Nikolić, 2005, [19], odnosno prema metodi automatizovanog ponavljanja simulacionih eksperimenata sa

prikupljanjem statistike slučajnih procesa. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 6.

Tabela 6
Rezultati na osnovu nezavisnih ponavljanja simulacija

Tip SMO: M/M/1/∞ Vreme rada SMO: 5 dana Dužina simulacije: 7200 minuta		Metod rešavanja		Relativni odnos klasičnog i novog rešenja
		klasična TMO (samo stacionarne vrednosti)	simulacioni rezultati (veličina uzorka: 100 000)	
Varijanta 1 ($T_k=200$ min., $\rho=0,833$)	prosečno vreme čekanja [minuta]	1000	411	2,4
	prosečna dužina reda	4,17	1,82	2,3
	verovatnoća da je kanal slobodan	0,17	0,27	0,6
Varijanta 2 ($T_k=190$ min., $\rho=0,95$)	prosečno vreme čekanja [minuta]	3610	526	6,9
	prosečna dužina reda	18,05	2,81	6,4
	verovatnoća da je kanal slobodan	0,05	0,20	0,25
Varijanta 3 ($T_k=200$ min., $\rho=1,2$)	prosečno vreme čekanja [minuta]	(∞)	854	(∞)
	prosečna dužina reda	(∞)	4,66	(∞)
	verovatnoća da je kanal slobodan	(0)	0,12	(0)

Dobijeni simulacioni rezultati su veoma različiti u odnosu na rezultate koji se zasnivaju na primeni klasične teorije masovnog opsluživanja. Osnovni uzrok tih razlika je uticaj režima rada SMO u prelaznom periodu. U konkretnom primeru konstatovano je da razmatrani SMO za vreme svog rada (trajanje borbenih dejstava) uopšte i ne stigne do stacionarnog perioda. Ako se ova činjenica previdi ili zanemari, pa se koriste samo rešenja koja nudi klasična TMO (rešenja za stacionarni period), nastupaju grube greške u određivanju vrednosti posmatra-

nih mera performansi SMO. Kako se iz ovog primera vidi (tabela 6), te greške mogu biti i višestruke.

Primenom predložene simulacione metode moguće je rešiti i slučajeve preopterećenosti SMO (varijanta tri zadatka). To je od posebnog interesa kod složenijih SMO, odnosno kod mreža redova čekanja, kada se ne može uvek predvideti da li će se slučaj preopterećenja SMO pojaviti. Dobijeni rezultati (tabela 6) u saglasnosti su i sa praktičnim iskustvima, jer za realne SMO često važi: „naš kanal opsluživanja je veoma opterećen i mi (opslužioci) radimo skoro stalno, ali na čekanju nema toliko mnogo sredstava, niti je čekanje tako veliko, kao što to sugerišu rezultati klasične TMO“.

Zaključak

Problem početnog prelaza javlja se u simulaciji sistema masovnog opsluživanja koji su percipirani kao dinamički sistemi. Osnovni koncept sistema masovnog opsluživanja: klijenti – red čekanja – kanal opsluživanja, široko je primenljiv, odnosno njime je moguće prikazati veliki broj sistema i procesa iz najrazličitijih oblasti, kako inženjerskih tako i organizacionih, uključujući i vojne sisteme i procese.

U široj literaturi iz teorije masovnog opsluživanja postoji vrlo jednostavan izraz za analitičku aproksimaciju dužine relaksacionog perioda, odnosno početnog ili prelaznog režima rada sistema masovnog opsluživanja tipa M/M/1.

U zadacima iz prakse mogu se naći sistemi i procesi opisivi kao sistemi masovnog opsluživanja koji sve vreme funkcionisanja provode u prelaznom

režimu. Najznačajnija praktična posledica prelaznog režima rada jeste uticaj na relevantne mere performanse sistema. Potencijal uticaja prelaznog režima jeste takav da posmatrane mere performanse mogu biti i višestruko različite od tradicionalno računatih vrednosti za stacionarni režim rada. Unapređenom metodom nezavisnih ponavljanja simulacija, moguće je efikasno proučavati problem početnog prelaza i njegovog uticaja.

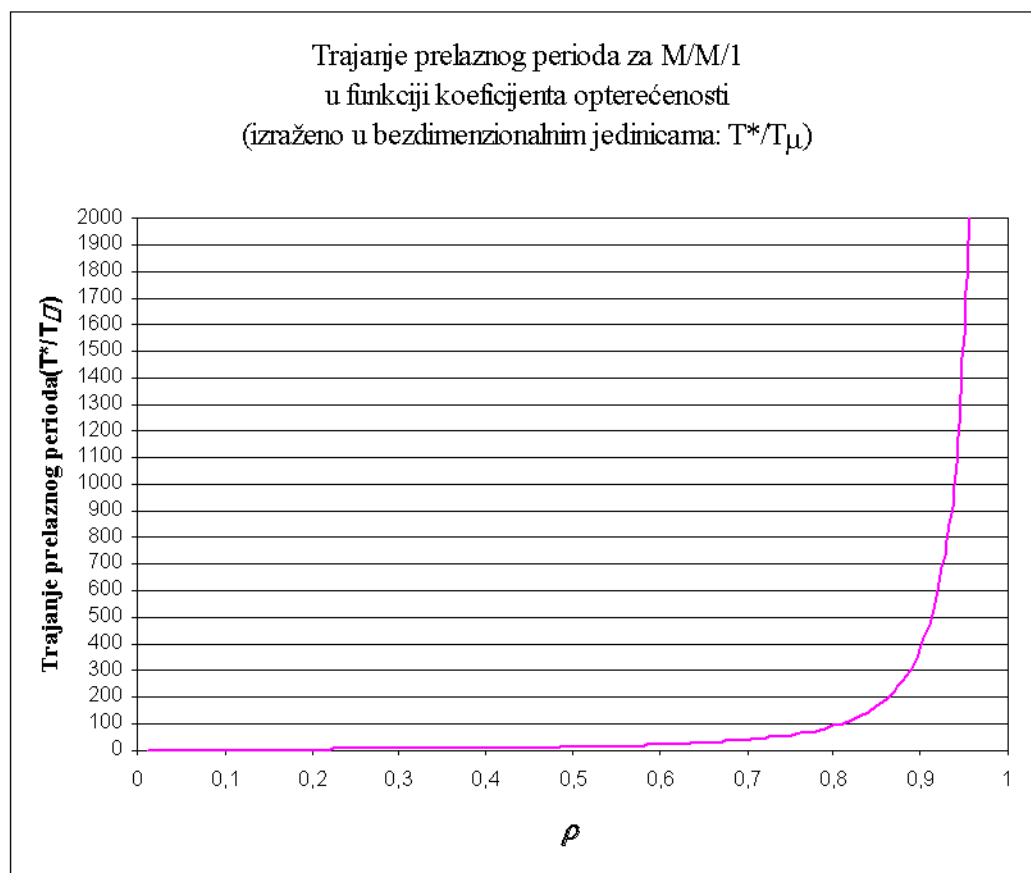
Literatura:

- [1] Glynn, W. P.: Initial transient problem for steady-state output analysis, Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, December 2005, pp. 739–740.
- [2] Gafarian, A. V., Ancker C. J., Morisaku T.: Evaluation of commonly used rules for detecting steady state in computer simulation, Naval Research Logistics, 1978, pp. 511–529.
- [3] Odoni, A., Ruth E.: An Emirical Investigation of the Transient Behavior of Stationary Queueing Systems, Operations Research, Vol. 31, No. 3, May–Jun 1983, pp. 432–455.
- [4] Pawlikowski, K.: Steady-State Simulation of Queueing Processes: A Survey of Problems and Solutions, ACM Computing Surveys, Vol. 22, No. 2, Jun 1990, pp. 123–171.
- [5] Pawlikowski, K., Jeong H. D. J., Ruth Lee J. S.: On credibility of simulation studies of telecommunication networks, IEEE Communications Magazine, January 2002, pp. 132–139.
- [6] Yau, V.: An empirical comparison of methodologies for obtaining results with specific accuracy and for run-length control in quantitative simulation, Transactions of the society for computer simulation international, Vol. 17, N2, 2000, pp. 89–101.
- [7] Androtir, S. and others, panel, Analysis methodology: are we done?, Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference, December 2005, pp. 790–796.
- [8] Kleinrock, L.: Queueing systems, Volume I: Theory, John Wiley & Sons, New York, 1975.
- [9] Gross, D., Harris M. C.: Fundamentals of queueing theory, John Wiley & Sons, New York, 1974.
- [10] Morse, P. M.: Queues, inventories and maintenance, John Wiley & Sons, New York, 1958.
- [11] Vukadinović, S.: Masovno opsluživanje, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
- [12] Vukadinović, S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1990.
- [13] Mališić, J.: Slučajni procesi, teorija i primene, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
- [14] Schriber, T.: Simulation using GPSS, John Wiley & Sons, New York, 1978.
- [15] Radenković, B.: Modelovanje i simulacija organizacionih sistema korišćenjem simulacionog sistema GPSS/FON, FON, Beograd, 1991.
- [16] Nikolić, N.: Uticaj parametara boja na tehničko obezbeđenje u oklopnoj brigadi, Magistarski rad, Sektor ŠONID, VTA, VJ, Beograd, maj 2000.
- [17] Nikolic, N.: Limitations of theoretical and commonly used simulation approaches in considering military queueing systems, Proceedings 15th European Simulation Symposium, Delft, Holland, October 2003, pp. 602–607.
- [18] Nikolic, N.: Fidelity in studying of military queueing systems, European Simulation Interoperability Workshop ESTW 2004, Edinburgh, UK, July 2004. (www.sisostds.org).
- [19] Nikolić, N.: Istraživanje modela i metoda masovnog opsluživanja za primenu u vojnim procesima, doktorska disertacija, Vojna akademija, Beograd, jun 2005.
- [20] Defence Modeling and Simulation Office, DoD Modeling and simulation (M&S) Verification, Validation, and Accreditation (VVA), Recommended practices guide, DMSO, Alexandria, VA, 1997.

Tabela 1

Uporedni prikaz teorijskih rešenja za verovatnoće stanja SMO tipa M/M/1/0, M/M/1/1 i M/M/1/∞

Tip SMO	Jednačine stanja	Početni i normi-rajući uslovi	Rešenja
M/M/1/0	$p_0'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t)$ $p_1'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t)$	$p_0(0) = 1$ $p_1(0) = 1$ $\sum_{i=0}^1 p_i(t) = 1$	$p_0(t) = \frac{1}{1+\rho} + \frac{\rho}{1+\rho} e^{-(\lambda+\mu)t}$ $p_1(t) = \frac{1}{1+\rho} + \frac{\rho}{1+\rho} e^{-(\lambda+\mu)t}$
M/M/1/1	$p_0'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t)$ $p_1'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t) + \mu p_2(t)$ $p_2'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_2(t)$	$p_0(0) = 1$ $p_2(0) = 1$ $p_3(0) = 1$ $\sum_{i=0}^2 p_i(t) = 1$	$p_0(t) = \frac{1}{1+\rho+\rho^2} + \frac{\rho}{2(1+\rho+\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu+\sqrt{\lambda\mu})t} +$ $+ \frac{\rho}{2(1+\rho+\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu-\sqrt{\lambda\mu})t}$ $p_1(t) = \frac{\rho}{1+\rho+\rho^2} - \frac{\rho(1+\sqrt{\rho})}{2(1+\rho+\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu+\sqrt{\lambda\mu})t} -$ $- \frac{\rho(1+\sqrt{\rho})}{2(1+\rho-\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu-\sqrt{\lambda\mu})t}$ $p_2(t) = \frac{\rho^2}{1+\rho+\rho^2} + \frac{\rho\sqrt{\rho}}{2(1+\rho+\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu+\sqrt{\lambda\mu})t} -$ $- \frac{\rho\sqrt{\rho}}{2(1+\rho-\sqrt{\rho})} e^{-(\lambda+\mu-\sqrt{\lambda\mu})t}$
...	...	...	...
M/M/1/∞	$p_0'(t) = -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t)$ $p_n'(t) = -\lambda p_{n-1}(t) - (\lambda + \mu)p_n(t) + \mu p_{n+1}(t)$ gde je: $n \geq 1$	$p_0(0) = 1$ $p_n(0) = 1$ $\sum_{i=0}^n p_i(t) = 1$	$p_n(t) = e^{-(\lambda+\mu)t}$ $\left[\rho^{(n-i)/2} I_{n-i}(at) + \rho^{(n-i-1)/2} I_{n+i+1}(at) + \right]$ $\left[+ (1-\rho) \rho^n \sum_{j=n+i+2}^{\infty} \rho^{-j/2} I_j(at) \right]$ gde je: $a = 2\mu\rho^{1/2}$ i $I_n(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(x/2)^{n+2m}}{(n+m)!m!}$, uz $n = 0,1,2,3, \dots$



Sl. 1 – Aproximacija trajanja prelaznog perioda za SMO tipa M/M/1/ ∞

Mr Vladimir Šepić

MODELOVANJE I ANALIZA PROTIVOKLOPNE BORBE

UDC: 355.424.5 : 358.116

Rezime:

U radu je prikazan jedan pristup modeliranja i analize protivoklopne borbe. Primijenjena je teorija masovnog opsluživanja, linearne transcendentne jednačine i teorija verovatnoće u analizi parametara za procenu efikasnosti protivoklopne borbe.

Ključne reči: teorija masovnog opsluživanja, efikasnost, protivoklopna borba.

MODEL AND ANALYSIS ANTITANK COMBAT

Summary:

An approach in antitank combat modeling and analysis has been presented. The theory of mass servicing, linear transcendental equations and the theory of probability have been used in analyzing the parameters of antitank combat efficiency estimation.

Key words: mass servicing theory, efficiency, antitank combat.

Uvod

Prema ukupnom doprinosu i uticaju na tok i rezultate oružane borbe, protivoklopna borba (POB) ima strateški značaj.

Njome se slama napadna moć, slabi silina udara, smanjuje tempo napada, uništavaju i razbijaju oklopno-mehanizovane snage protivnika i time sprečavaju brzi i duboki prodori njegovih kopnenih snaga.

Respektabilnost POB potvrđuju i osobine savremenih tenkova: velika vatrena moć, velika pokretljivost, automatsko punjenje topa i različite vrste projektila, daljinsko upravljanje protivavionskim mitraljezom, aktivno-reaktivni oklop, optoelektronski uređaji za dnevno-noćno kretanje i gađanje, laserski daljinomeri, lasersko vođenje protivoklopnih raketa, optičko-elektronski uređaji za neutralisanje protivničkih vođenih

raketa, bacači dimnih kutija, radio-uređaji sa frekvencijskim skakanjem, i drugo.

Analitički model za procenu efikasnosti protivoklopne borbe

Kao kriterijumi ocene borbene efikasnosti raketnih sistema POB (kao i protivoklopne artiljerije) može se primenjivati matematičko očekivanje broja uništenih tenkova (oklopnih transportera) u toku odbijanja napada [1].¹

$$N_u = N \cdot \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{n_u}{n} \cdot p_m \cdot p_u} \right)^{\frac{n}{N}} \right] \quad (1)$$

¹ Kod samovodenih PT raketa koje se mogu ometati određenim mamicima na cilju (blagovremenim izbacivanjem mamaca ili na druge načine), izraz (1) se može dopuniti da bi se i problem obmanjivanja, tj. lažnih ciljeva mogao procenjivati [1].

gde je:

N_u – srednji broj uništenih ciljeva (tenkova i transportera),

N – ukupan broj ciljeva (tenkova i transportera) koji učestvuju u napadu na branjenu teritoriju,

n – broj lansera raketa ili PT topova na branjenoj teritoriji,

n_u – broj uništenih lansera ili PT topova,

p_m – verovatnoća pogađanja cilja i

p_u – verovatnoća uništenja (gađanja) cilja, tj. verovatnoća da će se po cilju dejstvovati.

Veličinu p_m moguće je odrediti na osnovu formule:

$$p_m = 1 - (1 - p_1)^m \quad (2)$$

gde je:

p_1 – verovatnoća pogađanja cilja jednom protivtenkovskom raketom ili jednim projektilom PT topa i

m – broj raketa.

Za određivanje verovatnoće p_u neophodno je poznavati vreme koje je potrebno za lansiranje jedne rakete (sa vođenjem, ako nije samonavođena), odnosno projektila kod PT oruđa, a zvaće se vreme opsluživanja (t_{op}) i dužinu vremena, kada se cilj nalazi u zoni gađanja, a koja će se zvati vreme gađanja (t_g).

Analizom svakog pojedinačnog lansera (ili PT topa) kao jednokanalnog sistema opsluživanja sa otkazom,² dobija se verovatnoća uništenja [1]:

$$p_u = 1 - \frac{\frac{\rho}{p_i}}{1 + \frac{\rho}{p_i}} \quad (3)$$

² Pri analizi polazimo od pretpostavke da se pojavljujuće ciljeva može identifikovati kao Poasonov tok.

gde je:

p_i – verovatnoća otkrivanja cilja, koja se procenjuje na osnovu empirijskih rezultata i

ρ – parametar koji se proračunava na osnovu izraza:

$$\rho = \frac{t_{op}}{t_g} \quad (4)$$

gde je:

t_{op} – srednje vreme opsluživanja,

t_g – vreme gađanja cilja.

Srednje vreme opsluživanja može se izračunati kao:

$$t_{op} = \frac{T_n}{q} \quad (5)$$

gde je:

T_n – prognozirano vreme kretanja cilja,

q – količina PO raketa ili projektila, koji se za to vreme mogu lansirati (ova analiza odnosiće se na broj lansiranja / gađanja u minuti).

Vreme gađanja cilja može se predstaviti izrazom:

$$t_g = \frac{D_d - D_b}{V_c} \quad (6)$$

gde je:

D_d, D_b – dalja i bliža granica zone mogućeg dejstva,

V_c – srednja brzina kretanja cilja.

Pošto se ova analiza odnosi na borbu na tzv. srednjim daljinama,³ pitanje je da li verovatnoću otkrivanja cilja p_2 treba razmatrati.

³ POB se uslovno po daljini može podeliti na: blisku borbu do 1000 m, borbu na srednjem odstojanju 1000–3000 m i velikom odstojanju preko 3000 m [2].

Sigurno je da bez obzira na relativno malu daljinu (malo odstojanje) verovatnoća otkrivanja cilja neće uvek biti jedan ($p_i \leq 1$),⁴ a to se posebno odnosi na dejstva u uslovima slabe vidljivosti ili kada se koriste dimne i aerosolne „zaveses“. Napomenimo da se oklopna sredstva na ovim daljinama – odstojanjima mogu otkriti vizuelno ili uz pomoć radara za otkrivanje borbenih ili optoelektronskih sredstava (pojačavača svetlosti, televizije i televizije niskog nivoa osvetljenosti, termovizije i drugo). Naravno, ostaje još jedno sredstvo, a to je radio-izviđanje, kada oklopne jedinice „moraju“ da koriste radio-veze. Međutim, zadatak radio-izviđanja najčešće će biti otkrivanje radio-veze radi njenog ometanja.⁵

Ilustrativni primer

Razmotrimo jedan proizvoljan primer. Na ravničarskom zemljištu, na delu fronta, napada tenkovska jedinica sastava 10 tenkova.⁶ Nalazi se na odstojanju od oko 3 km od prednjeg kraja odbrane, gde je razmešteno 5 lansera za POB. Tenkovi se kreću brzinom od oko 50 km/h, što znači da će oko 2 minuta (za koje će preći oko 1500–2000 m) biti u dometu za gađanje. Poznato je da je za lansiranje jedne PO rakete potrebno oko 30“ (15“). Verovatnoća pogađanja raketa je 0,8 ($p_m = 0,8$), kao i verovatnoća otkrivanja tenkova ($p_i = 0,8$). Ako je za dejstvo potrebno 30“ ($t_{op} = 0,5$), a cilj je u zoni dejstva 2' ($t_g = 2$), tada je $\rho = 0,25$, pa verovatno-

ća uništenja/gađanja – prema izrazu (3) iznosi:

$$p_u = 1 - \frac{\frac{0,25}{0,8}}{1 + \frac{0,25}{0,8}} = 0,76 \quad (7)$$

Kada se unesu sve poznate veličine u izraz (1), uz ograničenje da je parametar $n_u = 0$ (trenutno nema uništenih PO lansera), dobija se:

$$N_u = 10 \cdot \left[1 - \left(1 - e^{-\frac{0}{5} \cdot 0,8 \cdot 0,76} \right)^{\frac{5}{10}} \right] \quad (8)$$

pa je $N_u = 3,7 \approx 4$ za iste uslove, ali ako nam je $t_{op} = 0,25$ (15“), tada je $\rho = 0,125$, a $p_u = 0,87$, pa je $N_u = 4,6 \approx 5$.

Rezultate treba uporediti sa statističkim podacima sa bojnih gađanja i taktičkih vežbi i na taj način oceniti validnost ponuđenog matematičkog modela.

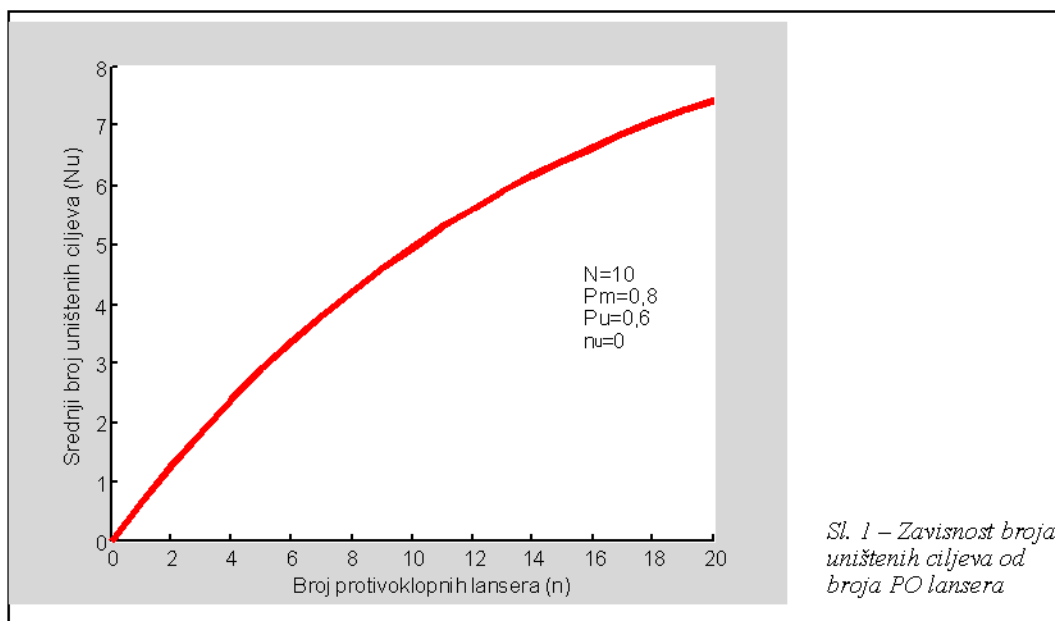
Analiza parametara koji utiču na efikasnost protivoklopne borbe

Mogu se, takođe, analizirati različite moguće varijante sa različitim brojem lansera, brojem uništenih lansera (kao protivdejstva), različitom verovatnoćom otkrivanja, pogađanja i uništenja cilja, skraćivanjem vremena lansiranja i drugo. Primeri kvantitativne analize ilustrovani su na narednim grafikonima. Predstavljene su zavisnosti srednjeg broja uništenih ciljeva i verovatnoće uništenja cilja u zavisnosti od parametara predstavljenih u matematičkim

⁴ Može se procenjivati na osnovu statističkih podataka sa taktičkih vežbi.

⁵ Verovatnoća radio-izviđanja i ometanja može da se izračuna pomoću formule Erlanga [1].

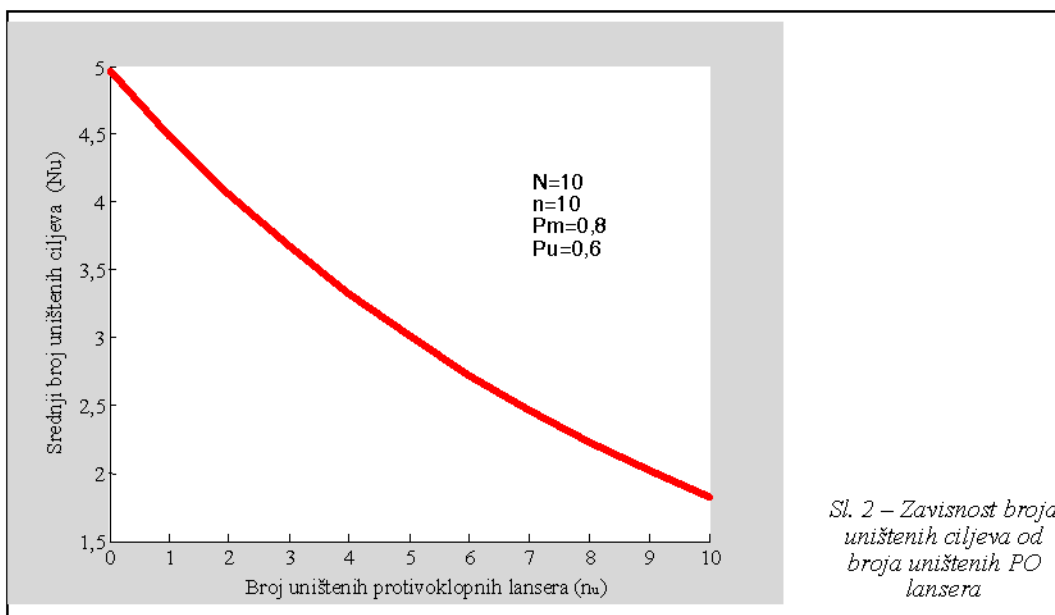
⁶ Borbene mogućnosti savremenih tenkova su poznate i zato se neće posebno navoditi.



izrazima. Za prezentovane krive zavisnosti urađeni su programi u programskom paketu Matlabu 6.5R13, koji omogućavaju lakšu i bržu analizu i proračune neophodne za procenu efikasnosti protivoklopne borbe.

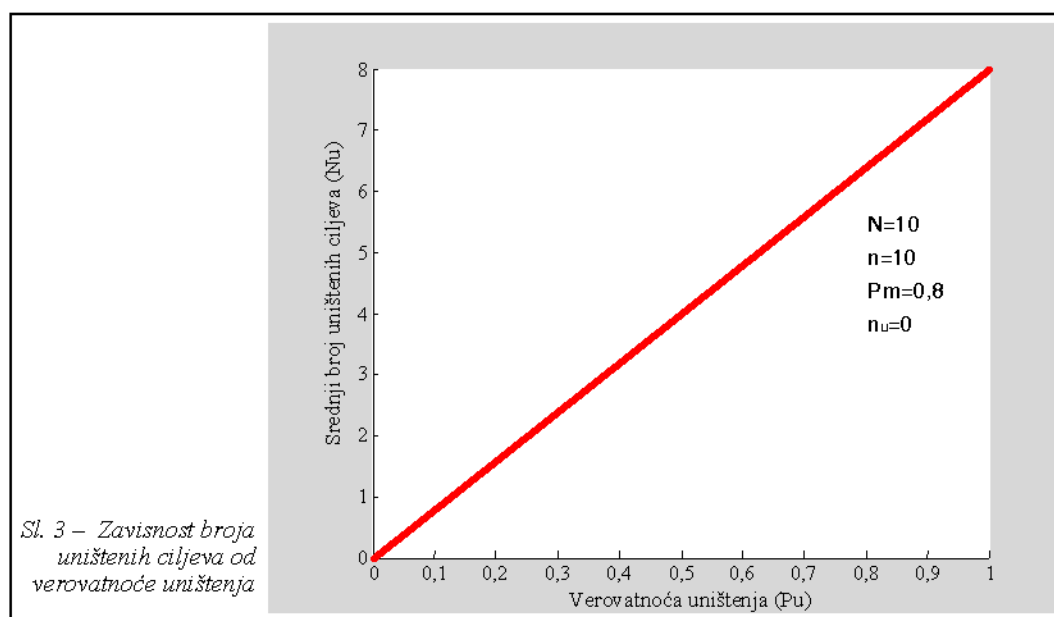
Zavisnost srednjeg broja uništenih ciljeva od broja lansera (PT topova), za

poznate verovatnoće uništenja, pogađanja i otkrivanja ciljeva ($p_i = 0,8$) i poznatom parametru $\rho = 0,5$, predstavljena je na slici 1. Ova međuzavisnost omogućava da se izabere što celishodniji odnos broja lansera prema broju tenkova u borbi za određene uslove.



Na slici 2 prikazana je zavisnost broja uništenih ciljeva od broja uništenih lansera (PT topova). Sigurno je da se u borbenim dejstvima mora računati i na gubitke. Analiza ukazuje na značaj protivoklopnog obezbeđenja, gde spadaju: iz-

viđanje i javljanje, protivoklopno zaprečavanje, fortifikacijsko uređenje zemljišta i druge mere koje sprovode jedinice [2]. Kriva zavisnosti pokazuje da se sa gubitkom polovine sredstava smanjuje i broj uništenih ciljeva skoro za polovinu.

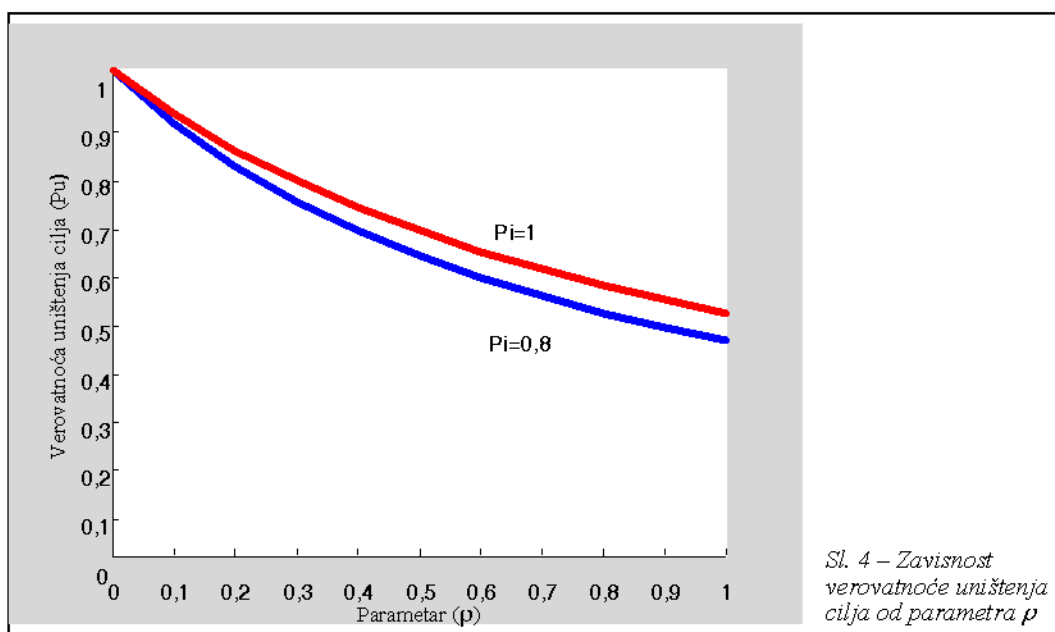


Zavisnost srednjeg broja uništenih ciljeva od verovatnoće uništenja, odnosno verovatnoće da će po cilju biti izvršena dejstva (lansirane PT rakete ili projektili), kada je verovatnoća otkrivanja ciljeva ($p_i = 1$) i parametar $\rho \leq 1$, vidi se na slici 3. Treba težiti da verovatnoća uništenja bude što veća, tj. približno 1. Da bi se to postiglo, potrebno je da verovatnoća izviđanja bude, takođe, što veća, a parametar ρ što manji.

Uticaj parametra ρ na verovatnoću uništenja cilja, koji predstavlja odnos srednjeg vremena opsluživanja i raspoloživog vremena za gađanje cilja, u za-

visnosti od verovatnoće izviđanja, predstavljen je krivama zavisnosti na slici 4.

Na osnovu predstavljenih krivih zavisnosti na slici 4 očigledno je da je potrebno imati što kraće vreme za opsluživanje i što duže vreme za gađanje cilja, pošto se u tim uslovima postiže najveća verovatnoća uništenja cilja. To se može obezbediti pravilnim izborom sredstava i položaja za dejstvo. Zato je najcelishodnije koristiti lansirna sredstva na oklopnim transporterima i helikopterima, ukoliko se njima raspolaže, što ilustruju i dobijene veličine prikazane u tabeli.



t_{op}	t_g	ρ	p_i	p_u	Broj lansiranih raketa (projektila)
1'	1'	1	1	0,5	1
30"	1'	0,5	1	0,66	2
15"	1'	0,25	1	0,8	4
7,5"	1'	0,125	1	0,88	8
1'	2'	0,5	1	0,66	2
30"	2'	0,25	1	0,8	4
15"	2'	0,125	1	0,88	8
7,5"	2'	0,0625	1	≈ 1	16
1'	3'	0,33	1	0,75	3
30"	3'	0,17	1	0,85	6
15"	3'	0,08	1	0,9	12
7,5"	3'	0,04	1	≈ 1	24

Veliki broj proračuna prema opisanom matematičkom modelu daje pozitivne i realne rezultate. U konkretnoj situaciji potrebno je napraviti grafikone i analizu raspoloživih PT sredstava.

Zaključak

Dokazano je da kvantitativne analize omogućavaju validniju procenu situa-

cije protivnika i vlastitih snaga u koncipiranju POB-a. Rezultate kvantitativnih analiza treba upoređivati sa statističkim rezultatima bojnih PT gađanja, taktičkih vežbi oklopnih i protivoklopnih jedinica. Bliskost rezultata pokazuje koje su analize realne, a koje to nisu.

Pri modelovanju i analizi POB-a ključni problem predstavlja pronalaženje optimalne vrednosti parametra ρ , jer ako je parametar realno definisan, celokupna analiza POB-a daće realne rezultate.

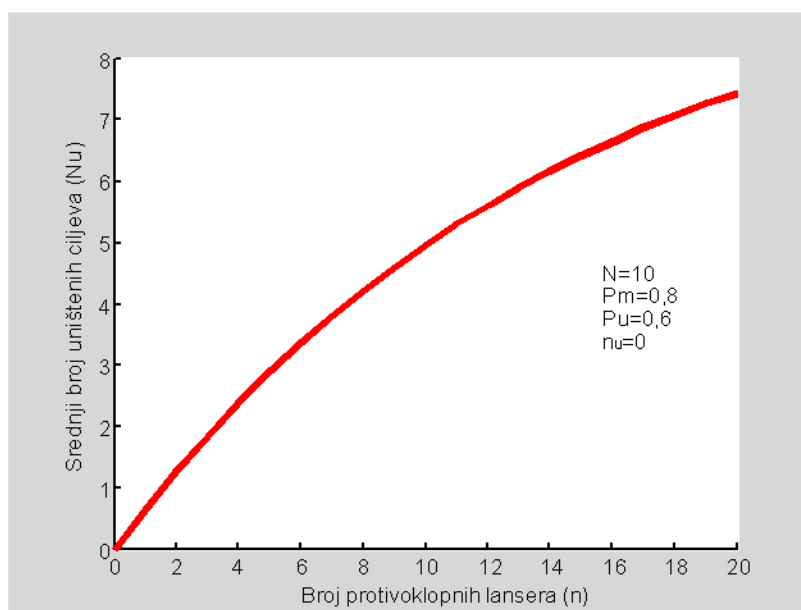
U članku je prezentovan samo deo mogućih analiza, a i pristupi ovoj problematici mogu biti različiti, dok rezultati iz prakse treba da ukažu na dalja moguća modelovanja protivoklopne borbe. Iznetu metodologiju procene mogu da koriste PT jedinice, ali i tenkovske (oklopne) jedinice u planiranju

borbenih dejstava. Međutim, mogućnosti borbenih sredstava za POB iz vazdušnog prostora ovde nisu razmatrane. Pored aviona i helikoptera specijalno opremljenih za dejstvo po oklopnim ciljevima, razvoj planirajućih, nepogonjenih i pogonjenih kontejnera za raseljavanje potkalibarne municije i pojava

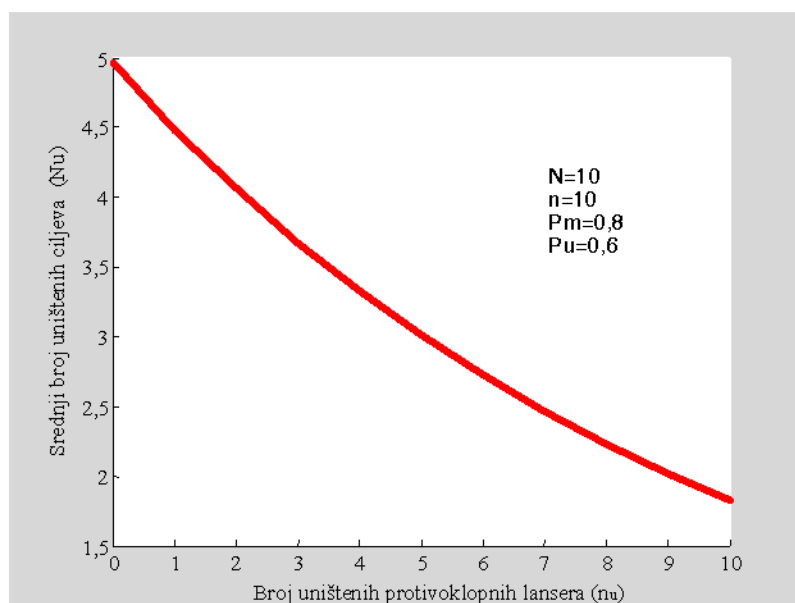
rasipavajućih (klaster) bombi za dejstva po grupi tenkova i sl., zahteva posebnu analizu tenkovskih jedinica u proceni borbenih dejstava.

Literatura:

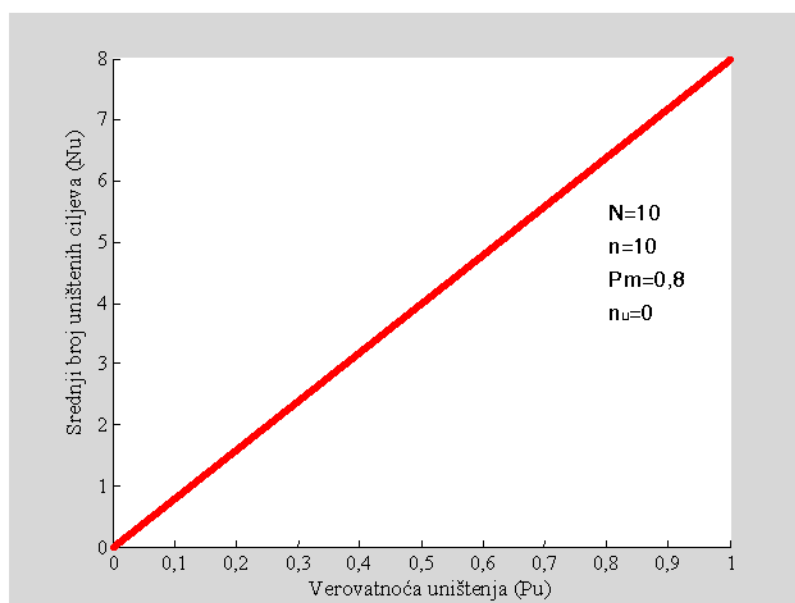
- [1] Šepec, V. V.: Procena efikasnosti sistema veza u borbi, privatno izdanje, Beograd, 2004.
- [2] Vojni leksikon, VIZ, Beograd, 1981.
- [3] Matlab, User Guide, The Math Works Inc., Massachutecs, 1996.



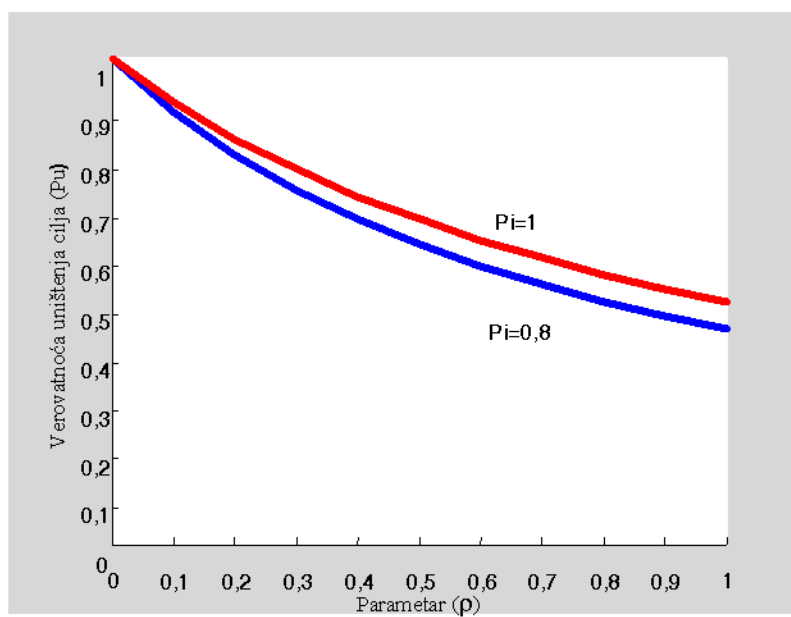
Sl. 1 – Zavisnost broja uništenih ciljeva od broja PO lansera



Sl. 2 – Zavisnost broja uništenih ciljeva od broja uništenih PO lansera



Sl. 3 – Zavisnost broja uništenih ciljeva od verovatnoće uništenja



Sl. 4 – Zavisnost verovatnoće uništenja cilja od parametra p

Dr Radomir S. Gordić,
dipl. inž.

DEFINISANJE EFIKASNOSTI ORGANIZOVANOG KOLONSKOG SAOBRAĆAJNOG TOKA

UDC: 355.69 : 656.13

Rezime:

*U radu je prikazan pristup definisanju efikasnosti kolonskog saobraćajnog toka. Uka-
zано je na značaj, mogućnost i neophodnost merenja efikasnosti motorizovane kolone u rea-
lizaciji zadataka saobraćajne podrške.*

Ključne reči: efikasnost, kriterijum, sistem, motorizovana kolona, kretanje.

DEFINING THE EFFICIENCY OF ORGANIZED MILITARY COLUMN TRAFFIC

Summary:

*An approach in defining the efficiency of military column traffic has been analyzed.
The paper points out the importance, possibilities and the necessity to measure the efficiency
of the motorized column in the task realization process.*

Key words: efficiency, criteria, system, motorized column, movement.

Uvod

Za organizacione sisteme efikasnost je značajan kibernetički pojam kojem se posvećuje sve veća pažnja. Motorizovana kolona je složen organizacioni sistem kibernetičkih svojstava, čijim je radom potrebno upravljati. Zbog toga se u realizaciji zadataka postavlja pitanje – da li motorizovana kolona postiže zadovoljavajuće rezultate u radu, u datim uslovima, u odnosu na postavljene ciljeve? U praksi se javlja i dilema kako da se meri i ocenjuje efikasnost organizovanih vojnih kolona?

Da bi odgovorili na ova pitanja potrebno je: definisati efikasnost organizovane vojne kolone, sistemski i deskriptivno je analizirati, odrediti njen sadržaj i izvršiti njenu kvantifikaciju, odrediti donji dopušteni nivo efikasnosti i intervale u kojim kolona postiže zadovoljavajuće

rezultate. Pored toga, potrebno je odabrati merodavne kriterijume efikasnosti i odrediti normative kretanja motorizovanih kolona. Odgovori na ova pitanja dati su u [1], a u ovom radu definisana je efikasnost kolonskog saobraćajnog toka.

Na ovaj način stvoreni su uslovi za vrednovanje efikasnosti kretanja organizovanih vojnih kolona i praćenje rezultata iste kolone, u različitim i različitim kolona u istim uslovima, što je za upravljanje kolonskim tokovima veoma značajno.

Osnovni pojmovi o efikasnosti

Bilo kakva rasprava i istraživanje efikasnosti organizovanih kolonskih saobraćajnih tokova,¹ ne može se započeti

¹ Pod pojmom „organizovan kolonski saobraćajni tok“ podrazumeva se „vojna motorizovana kolona“, „kolona vojnih motornih vozila“ ili samo „kolona“.

dok se ne definiše pojam „efikasnost“ i sa tog aspekta ne da bliže teorijsko određenje pitanja: „šta je efikasnost organizovanog kolonskog saobraćajnog toka?“

Na prvi pogled, preciznije definisanje pojma „efikasnost“ izgleda nepotrebno, jer se termin tako često koristi da je postao sastavni deo žargona i stručnog izražavanja u svim oblastima ljudske delatnosti. Upravo ta univerzalnost pojma „efikasnost“ u praksi zbunjuje, usled čega dolazi do otežanog komuniciranja, upoređivanja, vrednovanja i uopšte razumevanja. Posebno smeta fluidnost granica ovog pojma, njegovo razgraničenje i nekritičko mešanje, pa i poistovećivanje sa pojmom „efektivnost“.

Tražeci kompetentan odgovor u raznim priručnicima i enciklopedijama, zapažamo da neka enciklopedijska izdanja kao što su: „Tehnička enciklopedija“, „Vojna enciklopedija“, „Mala enciklopedija Prosveta“, „Vojni leksikon“ i dr. ne objašnjavaju pojam „efektivnost“. Bez obzira na ovu činjenicu, u brojnim izvorima objašnjeno je značenje pojmova „efikasnost“ i „efektivnost“, pa se, pored značenja, mogu uočiti njihove međusobne veze i odnosi.

U Vujaklijinom Leksikonu stranih reči i izraza piše da je efikasnost (lat. *efficacitas*) „dejstvenost, delatnost, radnost, uspešnost“ [2]; dok se pojam „efektivnost“ ne pominje.

Organizaciono-poslovni leksikon [3] odvojeno objašnjava ove pojmove, ali ih smatra sinonimima, bez obzira na različitost značenja. Tako se kaže da je efikasnost (fr. *efficacite*) delotvornost, podobnost da se izazove određeni učinak, određeni utisak i sl. Pored toga, efektivnost (lat. *effectivus*, stvaran, istinski; engl. *efficiency*, stepen ostvarenog efekta učinka) –

u teoriji sistema jeste koeficijent odnosa između korisnog izlaza iz sistema i ulaza u sistem koji uslovljava taj izlaz. U tom smislu može se govoriti o efektivnosti mašine, proizvodnje, učenja, itd.

Ni Ekonomska enciklopedija [4] ne tretira pojam „efektivnost“, a „efikasnost“ deli na ekonomsku i tehnološku. Ekonomska efikasnost povezuje proizvodnju sa jedinicom troškova upotrebljenih resursa, a odnosi se na troškove i vrednosti. Ona ima svoje kriterijume koji su najčešće povezani s efikasnošću upotrebljenih proizvodnih faktora. Na primer, efikasnost sredstava se meri postizanjem što većeg učinka, odnosno veličinu učinka svodimo na jedinicu upotrebljenih sredstava. Tehnološka efikasnost meri proizvodnju po jedinici upotrebljenih faktora izraženih u njihovim fizičkim veličinama. Na primer, proizvodnja energije meri se količinom upotrebljenih resursa po jedinici proizvedene energije.

Kriterijumi ekonomske i tehnološke efikasnosti mogu se, ali ne moraju, podudarati. Mašina može proizvoditi robu koja zadovoljava tehničke, hemijske, inženjerske kriterijume, ali je ta proizvodnja ekonomski neefikasna, jer su troškovi tako visoki da ne postoji kupac koji će platiti takvu cenu koja pokriva te troškove [4].

U „Općoj enciklopediji“ [5] zapisano je da efikasan (fr. *efficace*), znači djelotvoran, snažan, uspješan, plodonosan, a efektivan (izvedeno od efekt) – stvaran, istinski, koji je zaista ostvaren, izvršen.

Za naše razmatranje interesantna je definicija pojma „efikasnost“² prof. S. Marjanovića, koji u [6] navodi: „Efika-

² Profesor Marjanović takođe ne pominje pojam „efektivnost.“

snost kao odnos između utrošenog (materijala, energije i vremena) i dobivenog zavisi ne samo od direktnih nego i od indirektnih, pa i kasnijih uslova³. Profesor Marjanović ovaj pojam tretira sistemski [6] i ističe da se efikasnost meri kriterijumima, koji se moraju razlikovati za radna mesta i za funkcionisanje organizacije. On smatra da podsistemi ne mogu povećavati efikasnost nezavisno od viših sistema, a i da se efikasnost organizacije ne bi trebalo povećavati nezavisno od efikasnosti podsistema, obrazlažući to činjenicom „... da su ljudi skloni da sebi olakšaju posao otežavajući ga drugima“. Proučavajući efikasnost rada profesor Marjanović u [6] navodi da ona obuhvata: fiziološku, psihološku, sociološku, organizacijsku i ekonomsku efikasnost i da se njihove posledice na uspeh funkcionisanja sistema ispoljavaju istovremeno i celovito, pa je „... za organizaciju u celini značajna rezultatna efikasnost“ [6].

Iz izloženog se može zaključiti:

1. Uspešnost funkcionisanja složenih sistema vrednuje se sa različitih aspekata (ekonomski, tehnološki, organizacijski i dr.). Postizanje efikasnosti sa jednog ne znači efikasnost i sa drugog aspekta, radi čega su ovi pojmovi ponekad konflikti i protivrečni.

2. Za razliku od „efektivnosti“ koja se odnosi samo na ostvareni – dostignuti učinak, „efikasnost“ obuhvata i potencijal sistema i služi za ocenu i vrednovanje njegovih mogućnosti.

3. Efikasnost je, dakle, širi pojam, koji sadrži efektivnost, koja se odnosi na ocenu ostvarenog rada–učinka–efekta, pre svega tehničkih sistema sa tehnno-ekonomskog aspekta, najčešće u jedinici vremena.

4. Efikasnost se koristi kao sistem-ska ocena uspešnosti funkcionisanja složenih sistema, jer se prema [6], kod sistema koje karakteriše veliki broj relevantnih faktora i deterministička obeležja, optimalnost odvijanja procesa procenjuje preko kriterijuma³ efikasnosti.

5. Efikasnost nije apsolutna kategorija, ona zavisi od ciljeva sistema i menja se sa promenom „ulaza“. Važna svojstva efikasnosti su integralnost i celovitost, koja obezbeđuju ukupnu „rezultantnu“ efikasnost.

Sistemska prilaz definisanju efikasnosti organizovanog kolonskog saobraćajnog toka

Vojna motorna vozila (m/v) jesu tehnička osnovica realizacije saobraćajno-transportnih zadataka jedinica Vojske u miru i odbrani zemlje. Uspešnost vojnih motorizovanih kolona, pored tehničke osnovice zavisi od: kadrova (u kvalitativnom i kvantitativnom smislu), organizacije saobraćaja, upravljanja saobraćajem (komandovanja jedinicama i kolonama), uslova odvijanja saobraćaja, opštih mogućnosti društva i koncepcije odbrane.

Kada su u pitanju pojedinačna m/v kao elementi naoružanja i vojne opreme (NVO), njihov uspeh u vojnom drumskom saobraćaju zavisi, pre svega, od taktičko-tehničkih osobina. Sa razvojem kibernetike i sistemskog prilaza, u svim sferama Vojske, sve više se govori o sistemima, koji na nešto složeniji način uvezuju u skladne celine pojedinačna tehnička sredstva (TS). Kada se radi o

³ Pod kriterijumom se podrazumeva merilo kvaliteta nekog rešenja.

vojnog saobraćaju, govorimo o sistemima: vozač-vozilo-put-okolina (V-V-P-O), a ako posmatramo jedinice kao celine, sistem se dopunjuje „organizacijom“, pa imamo sisteme: vozač-vozilo-put-okolina-organizacija (V-V-P-O-O), koji predstavljaju kolone određene organizacione strukture.

Osobine i efikasnost pojedinačnih m/v potreban su, ali ne i dovoljan uslov za postizanje prihvatljive efikasnosti kolona u koje su spregnuta. Efikasnost kolone podrazumeva maksimiziranje efikasnosti pojedinačnog sistema V-V-P-O, ali i njegovo skladno funkcionisanje u složenom sistemu-koloni. Efikasnost kolone je višestruko veća od efikasnosti pojedinačnog sistema V-V-P-O, ali se ne može dobiti prostim zbirom pojedinačnih efikasnosti, zbog interakcija koje vladaju u sistemu.

Da bi dali odgovor na već postavljeno pitanje: „šta je efikasnost organizovanog kolonskog saobraćajnog toka“, moramo ostati dosledni opštem značenju pojma „efikasnost“. Opšte značenje ovog izraza predstavlja uspešnost funkcionisanja nekog sistema sa dva aspekta, kao potencijal ili mogućnost, na ulazu i kao rezultat-rešenje, na izlazu iz sistema. Ovako uopšteno shvatanje efikasnosti mora se konkretizovati da bi odgovaralo osnovnim obeležjima kolone, ali istovremeno mora biti dovoljno uopšteno da bi se moglo meriti sistemom različitih kriterijuma.

Prema tome, u ovom radu „Efikasnost organizovanog kolonskog saobraćajnog toka je mogućnost (na ulazu) i/ili sposobnost (na izlazu) njegovog funkcionisanja u oblasti dopuštenih stanja⁴ sistema“.

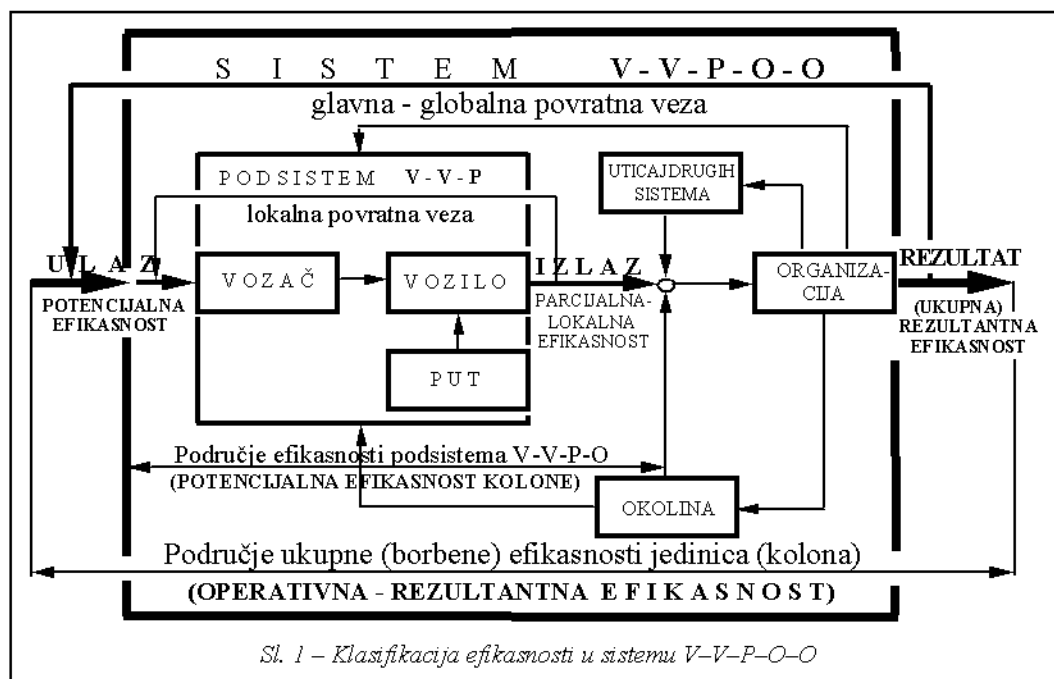
⁴ Oblast dopuštenih stanja sistema ili oblast rešenja je oblast u kojoj sistem postiže zadovoljavajuće rezultate u radu, u datim uslovima, u odnosu na postavljene – usvojene ciljeve.

Iz ove definicije zaključujemo da je efikasnost kolonskog saobraćajnog toka, ex post kategorija, jer se o njoj može govoriti tek posle obavljenog zadatka – kretanja, odnosno pružanja saobraćajno-transportne usluge, kao o dokazanoj sposobnosti; pojedinačnog sistema V-V-P-O, angažovane saobraćajno-transportne strukture (kolone), ili jedinice kao celine. Sposobnost funkcionisanja – rada kolone, međutim postoji i ex ante, kao potencijal (mogućnost) realizacije saobraćajno-transportnih zadataka sa određenim stepenom uspešnosti. Tu potencijalnu, još nedokazanu, ali postojeću efikasnost (sposobnost) organizovanih kolonskih tokova, potrebno je ponekad sagledati i vrednovati pre pristupanja realnim zadacima⁵ saobraćajne podrške (SbPo). Na sadašnjem stepenu razvoja teorije o organizaciji vojnog drumskog saobraćaja i praktičnih rešenja u ovoj oblasti, u Vojsci Srbije je nemoguće vrednovati taj potencijal, kao i realne domete efikasnosti kolonskog toka, jer nije razrađena metodologija, niti je za to razvijen sistem merodavnih kriterijuma.

Bez obzira na to kako tretiramo efikasnost kolona, kao ex post ili ex ante kategoriju, ona je determinisana, pre svega:

- prosečnom osposobljenošću kadrova (obučenost i uvežbanost rukovodećeg kadra, vozača i saobraćajaca);
- stepenom razvoja nauke i njene tehnološke integralnosti u oblasti vojnog drumskog saobraćaja;
- sistemskim rešenjima organizacije vojnog drumskog saobraćaja (kolonskog saobraćajnog toka);

⁵ Ova potreba javlja se u proceni situacije, na osnovu koje se podnosi predlog komandantu o upotrebi jedinica i načinu realizacije zadataka.



- brojem i karakteristikama m/v i drugih TS, koja doprinose funkcionisanju kolonskih tokova, i
- stanjem i interakcijama u sistemu V-V-P-O-O i sistema sa okolinom.

Klasifikacija efikasnosti u sistemu V-V-P-O-O

Prema opštoj teoriji sistema i usvojenoj definiciji, kod sistema V-V-P-O, ulaz u sistem je potencijalna efikasnost, a izlaz je parcijalna – lokalna efikasnost (sl. 1). Parcijalna efikasnost sistema V-V-P-O je njegova stvarna efikasnost, jer je na ovom nivou organizacije uspeh determinisan tehničkom komponentom – mogućnostima vozila, stanjem i karakteristikama puta, sposobnostima vozača i uticaja okoline. Istovremeno, to je potencijalna efikasnost kolone.

U žiži interesovanja Vojske, sa aspekta uspešnosti jedinica u borbenim dejstvima (b/d), najvažniji je ishod oružane borbe. Takva efikasnost jedinica Vojske poznata je pod nazivom „borbena efikasnost“ [7], ako se odnosi na borbene sisteme i elemente NVO. Ona služi kao mera uspeha u b/d u odnosu na postavljene ciljeve. I kod saobraćajno-transportnog sistema možemo usvojiti istu terminologiju, jer se kretanje jedinica i kolona smatra borbenom taktičkom radnjom,⁶ ali je zbog karaktera zadataka koje izvršavaju vojne motorizovane kolone i automobilske jedinice (atj) u b/d, povoljnije uvesti pojam „operativna efikasnost“,⁷ jer se ona funkcionalno odnosi na operativne zadatke.

⁶ Prema Pravilu divizija kopnene vojske, SSNO, IV uprava, GŠ JNA, Beograd, 1979.

⁷ Ovaj pojam odnosi se na operativne planove i zadatke, a ne na operativne jedinice.

U praksi se nameće pitanje: „Ko je nosilac borbene, odnosno operativne efikasnosti sistema V-V-P-O-O“? U nekim radovima [7] i delu vojnostručne javnosti smatra se da su to sredstva NVO, pa se govori o „borbenoj efikasnosti sredstava NVO“, što je prema usvojenoj definiciji i sl. 1, sa aspekta sistema V-V-P-O-O pogrešno. Motorna vozila, kao elementi NVO, mogu svojim osobinama bitno predodređivati borbenu-operativnu efikasnost, ali je nikako sama po sebi, ne mogu obezbediti, jer na to utiču i drugi elementi podsistemi, kao što su: „vozač“, „put“, „organizacija“, „okolina“ i „drugi sistemi“ (sl. 1). Područje definicije efikasnosti podsistema V-V-P-O proteže se od potencijalne do parcijalne – lokalne efikasnosti kao „potencijalna efikasnost kolone“, koja kao jedan od determinirajućih elemenata učestvuje u formiranju ukupne (borbene) efikasnosti atj (kolona), što predstavlja „operativnu-rezultantnu efikasnost“. Područje ukupne (borbene) efikasnosti atj (kolona), ili sistema V-V-P-O-O (sl. 1), proteže se od potencijalne efikasnosti do rezultata postignutih u realizaciji zadataka SbPo, najčešće združeno-taktičkih jedinica (ZTJ), kao rezultatna efikasnost i učestvuje u izgradnji njihove borbene efikasnosti.

Struktura efikasnosti organizovanog kolonskog saobraćajnog toka

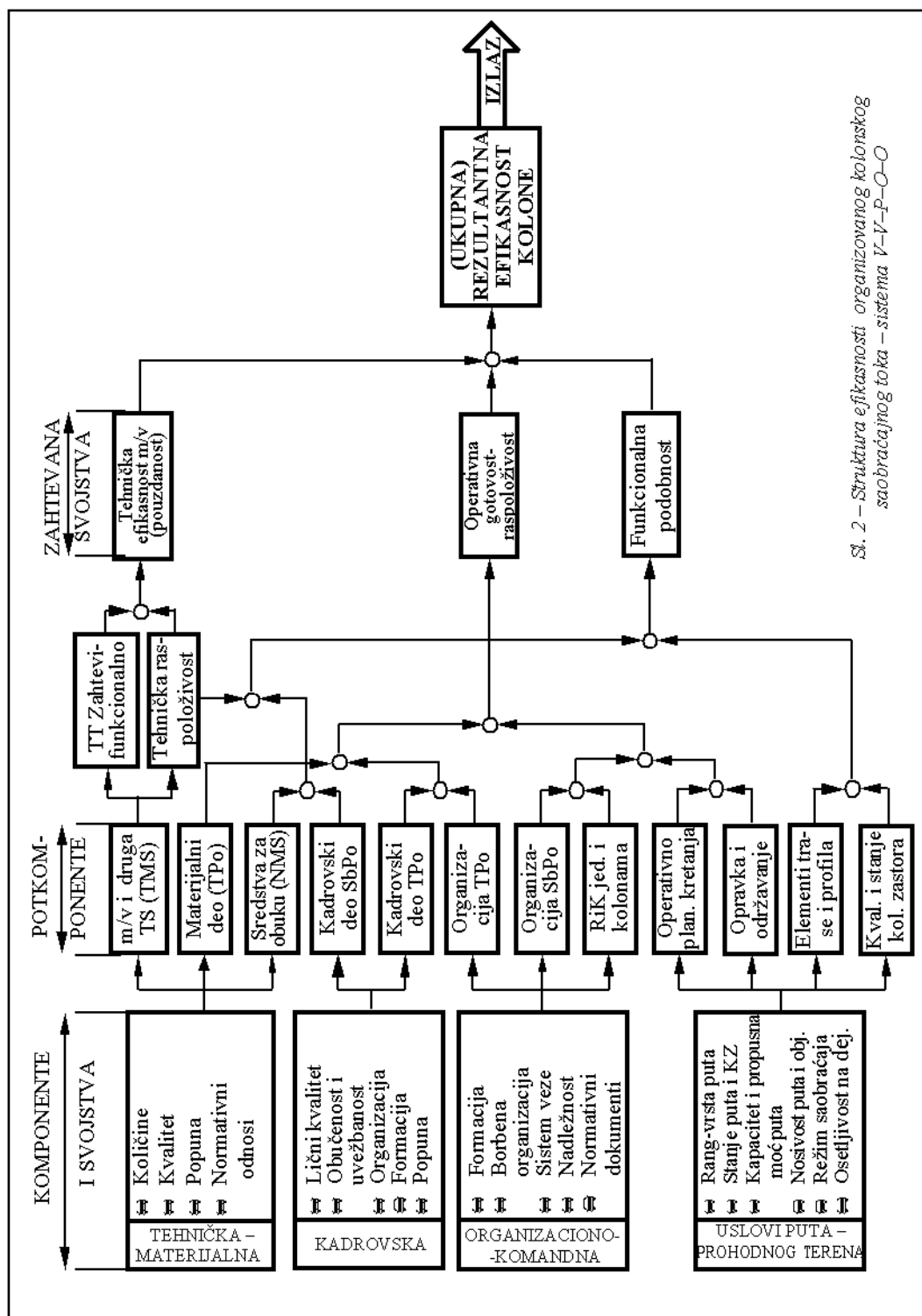
U nastojanju za postizanjem zadovoljavajuće efikasnosti organizovanih vojnih kolonskih tokova postoje dva shvatanja. Po jednom, nemoguće je očekivati respektivnu efikasnost kolona – jedinica u b/d bez zadovoljavajuće tehničke efikasnosti m/v i drugih TS. Po dru-

gom shvatanju, i uz najbolju tehničku efikasnost može izostati borbena efikasnost jedinica, ako i ostali elementi u strukturi Vojske nisu skladno uklopljeni i ravnomerno razvijani. Drugo shvatanje odnosi se na ljudski faktor u oružanoj borbi i to na njegovu motivaciju, obučenost, uvežbanost i umešnost u rukovođenju i komandovanju (upravljanju) kolonama i jedinicama. Po ovom pitanju naša doktrinarna opredeljenja su jasna i pravilno tretiraju sve faktore oružane borbe, ali u praksi ima određenih problema.

Kada je u pitanju sistem V-V-P-O-O, svi njegovi elementi nisu skladno razvijani, pa je u određenim fazama razvoja saobraćajnog sistema dolazilo do značajnijih problema u njegovom funkcionisanju, sa nekih aspekata.⁸ Podsystemi „vozač“ i „put“, nisu adekvatno pratili razvoj podsistema „vozilo“, a podsystem „organizacija“ u vojnom drumskom saobraćaju još uvek je nedovoljno istražen, a rešenja do kojih se u brojnim radovima došlo limitirana su u primeni kadrovskim ograničenjima.

Organizovanim vojnim kolonama kao sistemima nedostaje podsystem „veze“, pa je upravljanje njihovim radom otežano ili skoro nemoguće, posebno u vanrednim uslovima i odbrani. Pošto one zadatke izvršavaju u celoj zoni odgovornosti ZTJ, pa i operativno-strategijskih grupacija i to u kretanju, to problem čini složenijim. Ovaj podsystem ni strukturno ni funkcionalno nije ugrađen u vojne kolonske tokove, a od njega će u određenim uslovima odlučujuće zavisiti njihova efikasnost.

⁸ Kod nas je bezbednost u saobraćaju, i zbog ovih razloga, na znatno nižem nivou nego u razvijenim zemljama.



Sl. 2 – Struktura efikasnosti organizovanog kolonskog saobraćajnog toka – sistema V-V-P-O-O

Na sl. 2. prikazana je struktura ukupne – rezultatne efikasnosti organizovanog kolonskog toka. Prema teorijskim saznanjima u formiranju rezultatne efikasnosti kolona – jedinica učestvuju četiri komponente: tehničko-materijalna, kadrovska, organizaciono-komandna i uslovi odvijanja saobraćaja (uslovi puta i prohodnog terena). Podela i nazivi ovih komponenti mogu biti i drugačiji, ali su njihovi sadržaji i svojstva uvek isti.

Materijalna komponenta obuhvata tri potkomponente: m/v i druga TS, sredstva za obuku (nastavna materijalna sredstva – NMS) i materijalni deo tehničke podrške (TPo) organizovanih kolona (sl. 2). Od tehničke efikasnosti m/v, kao tehničkog podsistema u složenom sistemu kolona, odlučujuće zavisi ukupna operativna efikasnost. Tehnička efikasnost m/v, kao mera kvaliteta njihove uspešnosti jednoznačno je merljiva,⁹ kao i sve tehnički egzaktno definisane kategorije. Međutim, u praksi se javlja dilema kako da se meri i ocenjuje tehnička efikasnost m/v? Na prvi pogled, problem se svodi na „ocenu ispunjenja taktičko-tehničkih zahteva“ (TTZ), jer od njih zavisi učinak m/v. Ispunjenje TTZ je jedan od važnih elemenata njihove efikasnosti, ali postoji i drugi, a to je njihova „tehnička raspoloživost“ korisnicima i nominalnoj nameni. Prema tome, analogno sredstvima NVO [7], tehnička efikasnost m/v ima dve komponente, od kojih je prva ispunjenje TTZ ili „funkcionalnost“ taktičke prirode, a druga „tehnička raspoloživost“ isključivo materijalno-tehničke prirode iz

oblasti TPo. Tehnička raspoloživost, kao numerički kvantifikator, može se analitički posmatrati, ali to vodi u oblast efektivnosti.

Kadrovska komponenta obuhvata dve potkomponente; kadrovski deo SbPo (vozači, saobraćajci, rukovaoci i komandni kadar SbSl) i kadrovski deo TPo, koje zajedno i ravnopravno utiču na operativnu efikasnost organizovanih vojnih kolona. Na ovu komponentu posebno se može uticati kroz obuku i izbor kadrova, na čemu se posebno insistira u ruskoj literaturi.

Organizaciono-komandna komponenta sadrži tri potkomponente: organizaciju SbPo, organizaciju TPo i RiK jedinica i kolonama (sl. 2). Značaj i uloga ove komponente, u dosadašnjem radu neopravdano je potcenjivan i zanemari van, jer se preko njenih svojstava i sadržaja dominantno može uticati na efikasnost kolona. Ova komponenta obuhvata funkciju upravljanja, koja se ostvaruje preko potkomponente RiK jedinica i kolonama. Zbog toga je značajno da svi podsistemi, preko kojih se ostvaruje upravljanje kolonom,¹⁰ budu razvijeni i skladno uklopljeni u ovu komponentu. Dosadašnja istraživanja [8] pokazala su da su neki podsistemi, a posebno podsistem „veze“, nedovoljno zastupljeni u upravljanju kolonama, jer nedostaje struktura, uređaji i oprema, a ni funkcije nisu razrađene. Potkomponenta RiK, a time i funkcija upravljanja, ne mogu se ostvariti ako je podsistem „veze“ nerazvijen. Zbog toga se, u toku realizacije zadatka na efikasnost ne može uticati, ona

⁹ Tehnička efikasnost podsistema „vozilo“ neće se u ovom radu posebno analizirati ni meriti po njenim komponentama. Ona se posmatra integralno u okviru efikasnosti višeg sistema.

¹⁰ Pod ovim se podrazumeva upravljanje kretanjem kolone.

se ne može pravilno vrednovati, a ni ostvariti u potencijalnim granicama.

Uslove odvijanja saobraćaja (uslove puta) sačinjavaju potkomponente: operativno planiranje kretanja, opravka i održavanje puteva i objekata infrastrukture, elementi trase i profila puta, kvalitet i stanje kolovoznog zastora.

Funkcionalnom kombinacijom ovih potkomponenti (sl. 2) dobija se struktura zahtevanih svojstava, koja obuhvataju: tehničku efikasnost m/v – pouzdanost, operativnu gotovost – raspoloživost i funkcionalnu podobnost, koje zajedno daju ukupnu – rezultatnu efikasnost¹¹ kolonskih tokova. Pošto je srednje vreme između otkaza celina koja objedinjava kvalitet i pouzdanost m/v (TS), to se u nekim izvorima [9] navodi da efikasnost – efektivnost obuhvata: pouzdanost, operativnu gotovost i funkcionalnu podobnost.

Za razliku od egzaktno merljivog parametra tehničke raspoloživosti, ostali su nemerljivi i spadaju u tzv. kvalitativne parametre. Radi toga se efikasnost sistema $V-V-P-O-O$ ne može dobiti analitički, prostim vezama elemenata i njihovih svojstava. Ona se najpovoljnije može izraziti modeliranjem kolonskih saobraćajnih tokova, jer se tako u nju uključuju interakcije između elemenata sistema i sistema sa okolinom.

Imajući u vidu strukturu efikasnosti (sl. 2), može se zaključiti da efikasnost kolona u realizaciji zadataka SbPo mnogo više zavisi od veštine (obučenosti) za upravljanje m/v , organizacije kolonskih

saobraćajnih tokova, veštine i organizacije upravljanja njihovim radom. Naime, tehnička efikasnost u sistemu $V-V-P-O-O$ može se smatrati konstantom, pošto se na nju, posle ispunjenja TTZ, gotovo ne može uticati. Jedini način povećanja ukupne–rezultantne efikasnosti je: umešno upravljanje m/v , umešno RiK, pravilna organizacija kolona i upravljanja njihovim radom.

Kvantifikacija efikasnosti kretanja kolone

Za upravljanje organizacionim sistemima efikasnost je vrlo značajna, pa joj se u novije vreme posvećuje veća pažnja. Postoji više definicija ovog pojma, koje se razlikuju i više pokušaja da se on konkretizuje i odredi prema interesima i ciljevima sistema na koji se odnosi. Tako se, prema [10], efikasnost definiše kao određeni nivo uspešnog poslovanja nekog dela radne organizacije (RO) ili RO u celini, odnosno grane industrije, pri čemu rezultat efikasnosti poslovanja proizilazi iz analize o ekonomičnosti, produktivnosti, rentabilnosti i racionalnosti.

Polazeći od definicije usvojene u ovom radu, efikasnost kretanja kolone može se iskazati odnosom između određene ostvarene merljive koristi i troškova (resursa) koji su nastali (angažovani) ostvarivanjem te koristi.

Problem merenja i izražavanja efikasnosti bilo kog sistema – organizacije oduvek je bio interesantan, za praktičare i teoretičare. Konceptija merenja efikasnosti svodi se na razmatranje organizacija kao proizvodnih sistema, koji transformišu višestruke ulaze (resurse) u vi-

¹¹ U nekim izvorima [9] preko ovih svojstava izražava se „efektivnost“ sistema, kao „verovatnoća da će sistem u određenom vremenu biti u radu“, pa se ova svojstva smatraju komponentama efektivnosti.

šestruke izlaze (robu i usluge) kroz organizaciju, upravljanje i tehnologiju. U ovom radu razmatra se merenje efikasnosti organizovanog kolonskog saobraćajnog toka, kao složenog organizacionog sistema koji se ne rukovodi profitom. Efikasnost se odnosi na kretanje i svodi na uspešnost realizacije zadataka kolone, odnosno kolonskog saobraćajnog toka. To je sistemska mera (ocena) uspešnosti funkcionisanja kolone sa aspekta organizacije, iskorišćenja (resursa) puta, vremena, brzine, komfora i dr.

U prirodnim naukama i inženjerstvu često se koriste dva različita pristupa pri merenju efikasnosti. Prvi se zasniva na upoređivanju ostvarenog izlaza sa standardnim ili unapred određenim izlazom, prema izrazu:

$$EFIKASNOST = \frac{\text{čist izlaz}}{\text{standardni izlaz}} \quad (1)$$

S obzirom na to da standardni izlaz predstavlja maksimalno mogući izlaz za date uslove, efikasnost definisana na ovaj način ima vrednost između 0 i 1.

Ovakav pristup nije uvek primenjiv, pogotovu ne u vojnim sistemima. Kada bi, na primer, bilo moguće odrediti jedan izlaz, poput maksimalnog broja vozila koja u jedinici vremena mogu proći kroz poprečni presek puta (određenu tačku) ili deonicu puta za date uslove sistema i okoline, tada bi efikasnost kolone mogla biti određena upoređivanjem stvarnog broja vozila koja su prošla kroz presek (deonicu) puta (opslužena vozila), sa unapred određenim maksimalnim brojem (vozila koja zahtevaju opslugu). Međutim, do sada nije razrađena metodologija

kojom bi se odredio maksimalno mogući broj vozila koja mogu savladati određeni presek (deonicu) puta za mnoštvo kombinacija stanja sistema i uslova okoline. Znači, ne postoji mogućnost da se za takve situacije odrede standardi koji bi se koristili kao apsolutna mera funkcionisanja kolone. Zbog toga se sistemi koji se ne rukovode profitom, a samim tim i sistemi SbPo, moraju osloniti na relativne mere efikasnosti, koje se zasnivaju na upoređivanju empirijskih vrednosti ulaza i izlaza.

Drugi pristup odnosi se na slučajeve gde se jedan ulaz koristi za ostvarivanje jednog izlaza. U tom slučaju efikasnost se može meriti upoređivanjem ostvarenog izlaza sa ulazom koji je korišćen za ostvarivanje tog izlaza, prema izrazu:

$$EFIKASNOST = \frac{\text{čist izlaz}}{\text{ukupan ulaz}} \quad (2)$$

Prema zakonu o očuvanju energije, izlaz (proizvedena energija – broj opsluženih vozila) ne može biti veći od ulaza (utrošene energije – broja vozila koja zahtevaju opslugu) za date uslove, pa ovako definisana efikasnost poprima vrednosti između 0 i 1. Zbog toga je, radi lakšeg razumevanja, efikasnost pogodno izražavati u procentima pa izraz (2) ima oblik:

$$EFIKASNOST = \frac{\text{čist izlaz}}{\text{ukupan ulaz}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3)$$

Ovakav pristup ima ograničenu primenu pri ocenjivanju efikasnosti organizacionih sistema, jer su za njihovo funk-

cionisanje karakteristični višestruki ulazi za ostvarivanje višestrukih izlaza. Zbog toga je, da bi se mogla meriti efikasnost organizovane vojne kolone, neophodno povezati korišćene višestruke ulaze sa proizvedenim višestrukim izlazima. Ovakav pristup omogućio je pogodnu analizu efikasnosti realnog kolonskog toka automobilskih jedinica, prema različitim kriterijumima [1].

Kriterijumi efikasnosti kretanja organizovanih kolona

U [1] (tačka I 1) istaknuto je da kriterijumi efikasnosti organizovanih kolona nisu razrađeni, a iz [11, 12] može se zaključiti da se za kriterijume u vojnom saobraćaju ponekad uzimaju pogrešne ili neodgovarajuće veličine i kategorije. Miladinović u [11] ističe ovaj problem s namerom da se pokrene stručna rasprava o ovim pitanjima. On navodi da se kao pokazatelj borbene mogućnosti¹² jedinica koristi „pokretljivost jedinica“, pri čemu se ona izražava postotkom opremljenosti savremenim motornim vozilima (vozila visoke prohodnosti, nosivosti 0,75; 1,5; 3; 6 i 9 [t] i vozila specijalne nadgradnje), u odnosu na formaciju.

Ovaj pokazatelj ne predstavlja „pokretljivost jedinica“, jer je to mnogo širi i složeniji pojam, već samo ukazuje na procenat popunjenosti m/v iz fonda Vojске (FV), kao materijalnu osnovu za kretanje jedinice. On ne poseduje osnovna obeležja kriterijuma, pa je propao pokušaj da se koristi kao pokazatelj efikasnosti. Slično je i sa pokušajem da se SbPo ocenjuje taktičkim kriterijumima preko

parametra „pokretljivost“, što je objašnjeno u [1] (str. 74–86, tačka 3.3).

Kriterijumi efikasnosti organizovanih vojnih kolona mogu se posmatrati sa aspekta transportno-manipulativnih operacija¹³ i sa aspekta kretanja.

Za kriterijum efikasnosti kretanja organizovane kolone neophodno je usvojiti pokazatelj koji će se menjati sa promenom osnovnih parametara kolonskog saobraćajnog toka. Za kvantitativni izbor rešenja najvažnije je pravilno izabrati pokazatelj za ocenu efikasnosti – kriterijum rešenja. Za svaki kriterijum efikasnosti utvrđuje se njegova funkcionalna, odnosno matematička veza prema osnovnim parametrima operacije, pa se određuju posebne vrednosti tih parametara koje maksimiziraju ili minimiziraju vrednost usvojenog kriterijuma. Dobijene vrednosti kriterijuma su brojevi koji u određenom smislu predstavljaju očekivani ili ostvareni uspeh¹⁴ motorizovane kolone u kretanju.

Kriterijumi i normativi efikasnosti, sa aspekta kretanja, nisu isti za sve nivoe odlučivanja. Oni se, u principu, razlikuju za više i niže sisteme (sisteme i njihove elemente), jer su vezani za ciljeve. Prema tome, kriterijumi imaju odgovarajuću strukturu (drvo kriterijuma) i moraju biti usklađeni sa strukturom ciljeva. Ako se imaju u vidu ciljevi formiranja organizovanih kolona [1] (str. 54, sl. 3.1) i ciljevi upravljanja njihovim radom, kriterijumi efikasnosti kolona, po nivoima upravljanja, prikazani su u [1] (str. 35, tabela 2.1).

Pojedini kriterijumi po sadržaju mogu biti definisani na isti način za više ni-

¹² Borbena mogućnost predstavlja sposobnost jedinice za izvršenje zadatka u svim uslovima vođenja borbe.

¹³ Ovi kriterijumi nisu predmet rada, pa se ne razrađuju.

¹⁴ U proceni je očekivani „ex ante“, a u analizi ostvareni „ex post“ uspeh.

voa, ali im se menjaju strukture (stepen detaljisanja, metode ostvarenja, pa i vrednosti parametara). Ako se posmatra kolona kao sistem, ove karakteristike važe za obučenost vozača, vreme kretanja (vreme realizacije zadatka), brzinu kretanja i protok (propusna moć), jer su to univerzalna merila uspešnosti na svim nivoima upravljanja.

Kriterijumi efikasnosti u ratu treba da doprinesu ispunjenju cilja, tj. formiranju sistema – zadovoljenje transportnih potreba jedinica Vojske, privrede i stanovništva [1] (str. 54, sl. 3.1). Oni mogu biti kvalitativni i kvantitativni pokazatelji rada.

Kvalitativni kriterijumi efikasnosti kolone vezani su za nemerljive ili teško merljive parametre, koji po značaju mogu biti među osnovnim. U kvalitativne kriterijume spadaju:

- zahtevi doktrine odbrane prema saobraćajno-transportnom sistemu u ratnim uslovima,

- osposobljenost upravnih organa da planiraju kretanje i da u planiranju uzmu u obzir sve interakcije koje se javljaju u sistemu,

- osposobljenosti izvršnih organa (vozača i starešina u koloni) da pravilno upravljaju kolonskim tokom i da se kreću u skladu sa usvojenim planom,

- način izrade planova i pogodnost metodologije da u planiranju uzme u obzir uticaj interakcija i drugih faktora na kretanje i

- usklađivanje konfliktnih ciljeva (realizacija zadataka za što kraće vreme, uz minimalan broj ometanja kolone i maksimalnu bezbednost), itd.

Kvantitativni kriterijumi su merljivi pokazatelji, koji se izražavaju brojčanim veličinama i fizičkim jedinicama. Ovim

kriterijumima može se egzaktno oceniti i izraziti efikasnost kolonskog saobraćajnog toka.

Kriterijumi efikasnosti organizovanih kolona povezani su sa ciljevima upravljanja kretanjem kolona i predstavljaju kriterijume kvaliteta upravljanja. Razvijeni su iz strukture ciljeva upravljanja kretanjem, u [1] (str. 33–37, tačka 1.4, a prikazani su u tabeli 2.1).

Imajući u vidu ciljeve i kriterijume kvaliteta upravljanja kretanjem kolona [1] (str. 35, tabela 2.1), merodavni kvantitativni kriterijumi¹⁵ efikasnosti kretanja su: vreme putovanja (kretanja); brzina kretanja; vreme opsluživanja kolone (vreme kretanja na putu jednakom dubini kolone); broj ometanih vozila; vreme čekanja SMO – puta (gubici kapaciteta puta) i iskorišćenje propusne moći puta.

Navedeni kriterijumi i njihovi normativi određeni su u istraživanju [1] (str. 168–213, tačka 3), kao pretpostavka realnog planiranja i kontrole uspešnosti kretanja organizovanih vojnih kolona, što znači upravljanja kretanjem kolona.

Upravljanje i efikasnost organizovanog kolonskog toka

Funkcionisanje i efikasnost svakog sistema, pa i organizovane kolone, zavise od upravljanja. Funkcionisanja nema bez upravljanja, što znači da se svakim sistemom u toku rada mora upravljati. Za funkcionisanje bilo kog sistema značajan je odnos upravljanja i efikasnosti. Polazeći od definicija ovih pojmova može se zaključiti da je efikasnost širi pojam od

¹⁵ Pored kvantitativnih, u tabeli 2.1. [1] prikazani su kvalitativni kriterijumi: „obučenost vozača m/v“ i „planiranje kretanja“.

upravljanja. To je univerzalna kategorija koja se odnosi na sve sisteme, sve funkcije sistema i sve procese. U tom smislu može se govoriti i o efikasnosti upravljanja, bilo da se ono shvata kao funkcija rukovođenja ili kao proces kojim se funkcija realizuje.

Upravljanje organizovanom kolonom odvija se realizacijom funkcija upravljanja [1] (tačka II 1.2), kroz međusobno povezane i uslovljene procese, čiji je rezultat jedinstveno funkcionisanje sistema u skladu sa postavljenim ciljem. Upravljanje deluje na sistem u celini ili na njegove podsisteme. Zavisno od složenosti sistema i specifičnosti njegovih funkcija ono može imati poseban značaj za pojedine podsisteme ili funkcije. Da bi sistem mogao da ostvari postavljene ciljeve i da radi efikasno, upravljanje treba optimizirati, odnosno obezbediti njegovu efikasnost. Cilj optimizacije upravljanja je povećanje efikasnosti upravljanog sistema. Zbog toga se efikasnost smatra posledicom upravljanja. Optimizacija upravljanja odvija se, uglavnom, kroz primenu savremenih naučnih metoda i savremenih tehničkih sredstava. Ako su optimizacijom obuhvaćene sve funkcije upravljanja¹⁶ [1] (tačka II 1.2), povećava se rezultatna (ukupna) efikasnost (sl. 1. i 2). Ako se optimizacija izvodi parcijalno, po funkcijama, efikasnost se povećava lokalno, povećanjem efikasnosti komponenti ili potkomponenti (sl. 1. i 2), odnosno funkcija i podfunkcija. Prema tome, unapređenjem upravljanja poboljšava se efikasnost organizovane kolone.

¹⁶ Od većeg broja šema, za kolonu je najprihvatljivija struktura upravljanja koju čine funkcije: planiranje, organizovanje, izbor i raspored kadrova (vozača i starešina), koordinacija i kontrola [1] (str. 29).

Organizovana kolona je dinamički sistem, kod kojeg je izvršna funkcija – kretanje [1] (sl. 2.1, str. 25), najznačajnija za njegovo funkcionisanje. Efikasnost kolone ostvaruje se preko ove funkcije. Zbog toga, upravljanju kretanjem organizovane kolone treba posvetiti posebnu pažnju. Organizovanom kolonom se zbog dinamičkih svojstava¹⁷ mora upravljati u realnom vremenu. Ovaj problem u našoj vojsci do sada nije rešen, jer primenjene metode i sredstva ne omogućavaju upravljanje u realnom vremenu.

Povećanje, odnosno poboljšanje efikasnosti organizovane vojne kolone i optimizacija upravljanja kretanjem mogu se postići primenom dva parcijalna modela upravljanja: izborom optimalnog puta za kretanje kolone i upravljanjem kretanja kolone sistemom za globalno pozicioniranje – GPS-om.

Ovi modeli razrađeni su i objašnjeni u [1] (str. 216–247).

Pri izboru optimalnog puta za kretanje treba voditi računa o specifičnostima kolone i uzeti u obzir interakcije između elemenata sistema (elementi podsistema V–V–P–O, podsistemi V–V–P–O i formacije u koloni) i sistema sa okolinom.

Za primenu modela upravljanja kretanjem kolone GPS sistemom potrebno je:

- obezbediti funkcionisanje mobilnih veza u koloni i kolone sa centrom upravljanja;
- izvršiti izbor sistema i konkretnog GPS uređaja – prijemnika;
- opremiti jedinice sistemom za globalno pozicioniranje – GPS, i

¹⁷ Pod ovim se podrazumeva svaka promena stanja sistema, a ne samo kretanje u fizičkom smislu.

– uspostaviti organizaciju upravljanja kretanjem kolona primenom ovog sistema.

Primena GPS obezbedila bi upravljanje kretanjem i sveobuhvatno praćenje parametara kolonskog saobraćajnog toka u realnom vremenu.

Zaključak

Efikasnost organizovanog vojnog kolonskog saobraćajnog toka je složen operativno-tehnički pokazatelj uspešnosti funkcionisanja organizovanih vojnih kolona. Ovaj pokazatelj nije definisan i teorijski izučen, pa su mu, pored nepoznatog terminološkog određenja pojma, nejasni i sadržaj, struktura, parametri i kriterijumi pomoću kojih se izražava i vrednuje.

Složena struktura i uslovi rada, uticaj okoline i delovanje ograničenja zahtevaju permanentno istraživanje, praćenje i vrednovanje efikasnosti organizovanih kolonskih tokova, da bi se moglo uspešno upravljati njihovim radom.

Osnovno pitanje efikasnosti organizovanog vojnog kolonskog saobraćajnog toka je: šta je „efikasnost“, koji je njen donji dopušteni nivo i kako ga odrediti? Odgovor na ovo pitanje dat je u radu, a u [1] je kreiranim modelima celishodno i sveobuhvatno razrađen i konkretizovan, prema uvedenim kriterijumima.

Prema izloženom, efikasnost organizovanog kolonskog saobraćajnog toka može se uspešno meriti upoređivanjem ostvarenog izlaza (merljive koristi) sa ulazom, koji je korišćen za ostvarivanje tog izlaza (angažovani resursi).

Nedostatak kriterijuma u pogodnom obliku za praktičnu primenu odražava se na funkcionisanje saobraćajno-transportne strukture i upravljanje njenim radom u svim fazama realizacije zadataka SbPo. Zbog nedostatka kriterijuma, nerealna je procena mogućnosti jedinica i kolona, pa je radi toga i planiranje nerealno, jer planovi ne sadrže interakcije između pojedinih elemenata sistema i uticaje koji se generišu u sistemu i okruženju. Radi toga se planovi u praksi teško ostvaruju, pa se u narednim fazama rukovođenja upravljanje vojnim saobraćajem suštinski ne ostvaruje. U takvoj situaciji saobraćajno-transportna struktura često deluje u oblasti nedopuštenih stanja, što znatno umanjuje njenu efikasnost, a upravljanje ne daje željene efekte, jer se korektivnim merama i akcijama sistem ne može vratiti u oblast dopuštenih stanja.

Efikasnost organizovanog vojnog kolonskog saobraćajnog toka posledica je upravljanja njegovim funkcionisanjem, koje se, u osnovi, svodi na kretanje. Kretanje (realizacija, funkcionisanje) jeste specifična i jedino produktivna funkcija kolone. Od nje zavisi i preko nje se procenjuje efikasnost funkcionisanja kolone. Zbog specifičnosti ove funkcije i problema koji se generišu u toku kretanja, nameće se potreba upravljanja radom kolone u realnom vremenu, dakle, tokom kretanja.

U postojećoj organizaciji vojnog saobraćaja ne postoje uslovi za celishodno upravljanje kolonom u toku kretanja (u realnom vremenu), jer nije uspostavljen i ne funkcioniše sistem mobilnih veza, pa se ne mogu obezbediti informacioni tokovi između upravljačkih i upravljanih

delova sistema, bez kojih nema upravljanja.

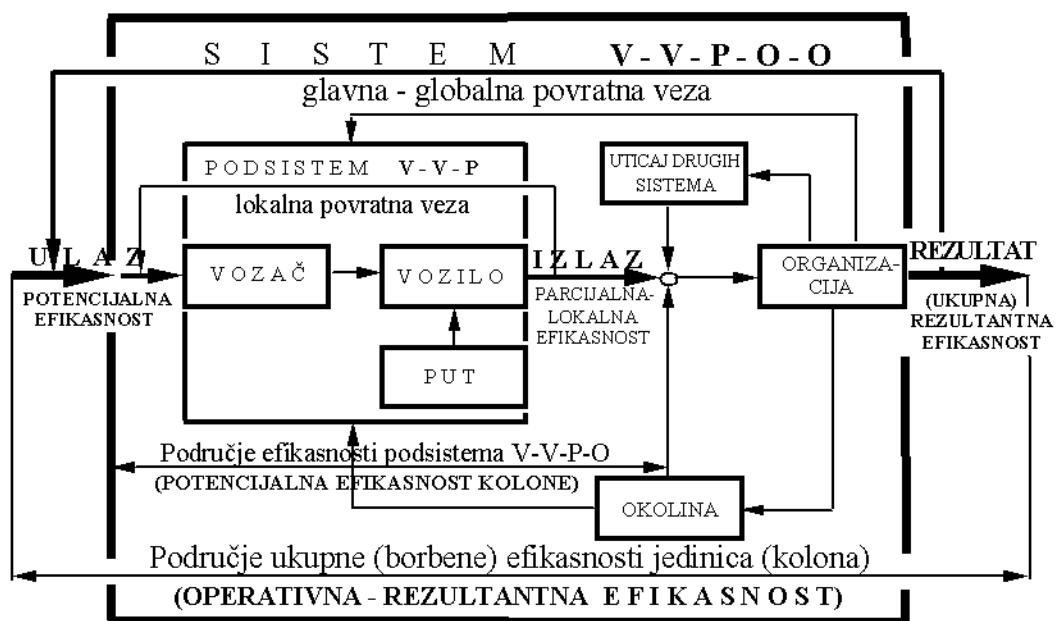
Upravljanje kretanjem organizovanih kolona nije ni teorijski dovoljno izučeno, nisu propisane nadležnosti i obaveze upravnih saobraćajnih organa i nije razvijena oprema za primenu savremenih metoda, modela i tehnika upravljanja. Funkcije upravljanja kolonama, osim planiranja, nerazvijene su, pa se i u literaturi često pod upravljanjem podrazumeva samo planiranje. Ono se objašnjava i razrađuje, a ostale funkcije su zanemarene.

Prema iznetom, efikasnost je važan pokazatelj za sve kolone, jedinice i nivoe komandovanja, pa svi subjekti treba da joj posvete odgovarajuću pažnju. Na ovaj način može se sprečiti nepotrebno trošenje resursa (puta, vremena i energije) i nepotrebni materijalni troškovi, uz po-

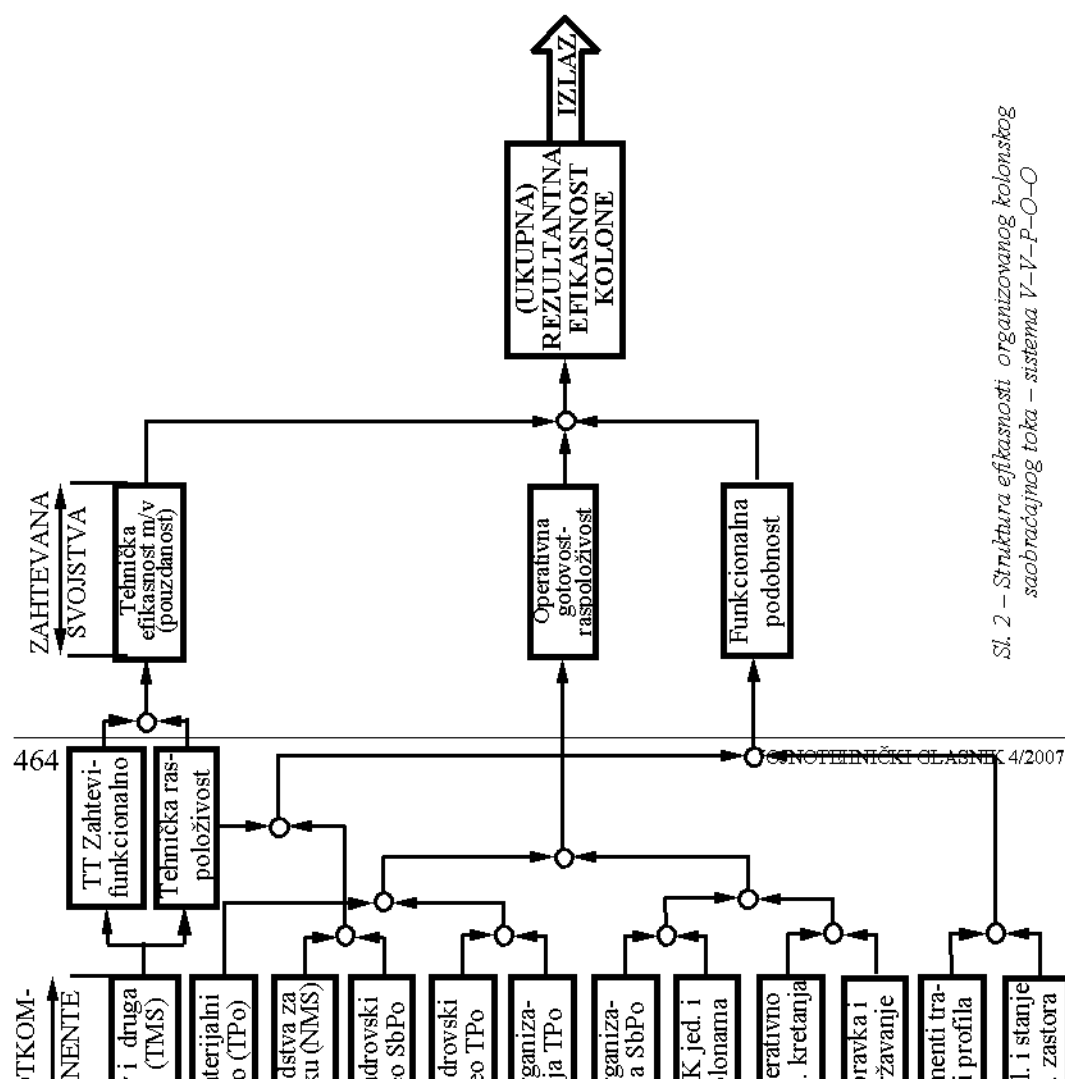
boljšanje ekologije i bezbednosti saobraćaja.

Literatura:

- [1] Gordić, S. R.: Efikasnost organizovanog vojnog kolonskog saobraćajnog toka, doktorska disertacija, Vojna akademija, Školanacionalne odbrane, Beograd, 2005.
- [2] Vujaklija, M.: Leksikon stranih reči i izraza, III dopunjeno izdanje, Prosveta, Beograd, 1980.
- [3] Kukoleča, M. S.: Organizaciono-poslovni leksikon izraza, pojmova i metoda, Rad, Beograd, 1986.
- [4] Ekonomska enciklopedija, drugo izdanje, Savremena administracija, Beograd, 1986.
- [5] Opća enciklopedija Jugoslovenskog leksikografskog Zavoda, Zagreb, 1977.
- [6] Marjanović, S.: Principi i instrukcije za rešavanje organizacionih problema, knjiga II, Privreda publik, Beograd, 1987.
- [7] Krstić, V.: Povećanje efikasnosti ratne mornarice kroz tehničku modernizaciju u procesu opremanja novim i modifikacijama postojećih borbenih sistema i sredstava, ispitna tema za čin general-majora, 1987.
- [8] Gordić, S. R.: Analiza kretanja organizovanog kolonskog saobraćajnog toka i kriterijuma njegove efikasnosti, magistrski rad, TVA KoV, Zagreb, 1983.
- [9] Vrhovski, M.: Kvantitativna analiza parametara efektivnosti vozila u eksploataciji, VTG, 4, 1989.
- [10] Priručni rečnik udruženog rada, IRO Ekonomika, Beograd, 1982.
- [11] Miladinović, V.: Utvrđivanje borbene mogućnosti jedinica na bazi raspoloživih količina MTS iz nadležnosti SbSl, Bilten SbSl, br. 9, 1981.
- [12] Pravilo o kontroli i ocenjivanju borbene gotovosti u Vojski Jugoslavije, GŠ VJ, pov. br. 685-1 od 23. 10. 1997.



Sl. 1 – Klasifikacija efikasnosti u sistemu V-V-P-O-O



Sl. 2 – Struktura efikasnosti organizovanog kolonskog saobraćajnog toka – sistema V-V-P-O-O

Srdan Ljubojević,
kapetan, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

MOGUĆNOSTI IMPLEMENTACIJE SAVREMENIH SISTEMA UPRAVLJANJA SAOBRAĆAJEM U SISTEM ODBRANE

UDC: 355.415.2 : 005

Rezime:

Savremeni trendovi u upravljanju saobraćajem okrenuti su ka efikasnijem iskorišćenju postojećih kapaciteta. Ovaj rad je izraz težnje da se sagleda uloga inteligentnih transportnih sistema u takvom pristupu upravljanju saobraćajem, kao i da se ukaže na budućnost sistema odbrane na tom polju.

Ključne reči: upravljanje, inteligentni transportni sistemi.

POSSIBILITIES OF IMPLEMENTATION OF CONTEMPORARY TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS IN THE DEFENSE SYSTEM

Summary:

The latest trends in traffic management focus on more efficient usage of existing capacities. This paper tries to perceive the role of Intelligent Transportation Systems within such an approach to traffic management as well as to point out to the future of the Defense System in this field.

Key words: management, Intelligent Transportation Systems.

Uvod

Rezultat sveobuhvatnog procesa promena u kojem se sistem odbrane nalazi treba da bude nova, fleksibilnija i savremenija organizacija. Krajnja organizacija sistema mora biti primerena savremenim, ali i predviđajućim trendovima na području odbrane i sigurnosti zemlje. S obzirom na aktuelnu ekonomsku situaciju taj cilj se mora ostvariti uz maksimalnu ekonomičnost i efektivnost u svim segmentima sistema.

U takvoj konstalaciji ciljeva i ograničenja oblast saobraćaja je područje na kojem se mogu ostvariti značajne uštede ili prouzrokovati ogromni gubici. Rezultati sadašnjih odluka i akcija evidentni su u svom stvarnom obimu tek na dugoročnom

planu. Stoga je redizajniranje celokupnog saobraćajnog podsistema izuzetno važno i imperativno usmereno ka budućnosti.

Aдекватним реінжинерингом овог система потребно је обезбедити не само задовољење сопствених транспортних захтева и потреба за кретањем већ и континуирану временску комплементарност са саобраћајним системом државе. При томе треба имати у виду да процес реінжинеринга претпоставља да су пословне перформансе организације креиране у процесима, а не у појединим елементима организационе структуре у којима се ти процеси одвијају. Дакле, промене које се уводе реінжинерингом нису усмерене ка структури већ ка процесима организације. Суштина је у напуштању старих, до сада владајућих принципа и представа о посло-

vanju i uspostavljanju novog kursa, na kojem će organizacija, oslobođena ideja i elemenata koji je vode ili su je doveli u krizu, uspeti da postigne konkurentsku prednost na tržištu [1].

U svim pristupima reinžinjeringu poslovnih procesa prisutni su isti stavovi o napuštanju starih i uvođenju potpuno novih pretpostavki – osnova poslovanja, ali i stavovi da se primarno redizajniraju ključni poslovni procesi. Takav pristup treba primeniti i pri formiranju novog modela saobraćajnog podsistema u sistemu odbrane. Potrebno je pronaći nove osnove na kojima će počivati funkcionisanje sistema i krenuti „od glave“, tj. od procesa upravljanja sistemom, kao fundamentalnog poslovnog procesa.

Nove pretpostavke procesa upravljanja saobraćajem u sistemu odbrane

Upravljanje saobraćajem podrazumeva organizovano delovanje na saobraćajni sistem u celini ili na pojedine njegove podsisteme, u svim uslovima. Ono sadrži mere i postupke koji se odnose na vozače, saobraćajne uslove, saobraćajne tokove, režime kretanja i dr., a koji se preduzimaju radi obezbeđenja visoke propusne sposobnosti saobraćajnica i ekonomičnog, urednog i bezbednog kretanja.

Izbor oblika transporta i načina zadovoljenja transportnih zahteva direktno utiče na saobraćajnu sliku na određenoj mreži. Shodno tome, ranije prihvaćen pristup da zadovoljenje transportnih zahteva podrazumeva zadovoljenje potreba za promenom mesta ljudi ili robe obogaćen je aspektima efikasne i ekonamične eksploatacije elemenata saobraćajnog si-

stema, uz odgovarajući kvalitet transportne usluge. Nova poslovna filozofija otvorila je vrata i fleksibilnijem pristupu eksploataciji saobraćajne infrastrukture, prvenstveno komunikacija, kroz uvođenje novih sistema za upravljanje saobraćajnim tokovima. Osnovni zadatak upravljanja saobraćajem danas podrazumeva težnju ka što efikasnijem iskorišćenju mogućnosti postojeće saobraćajne mreže, radi postizanja što kvalitetnijeg zadovoljenja aktuelnih zahteva.

Savremene informacione tehnologije su tokom poslednje decenije omogućile primenu niza rešenja koja podržavaju ideju o dinamičkom upravljanju i upravljanju saobraćajem u realnom vremenu (signalizacija izmenljivog sadržaja, „inteligentna“ svetlosna signalizacija, route guidance sistemi, navigacioni sistemi i sl.) [2]. U svim oblicima dinamičkog upravljanja saobraćajem informacija se javlja kao kritičan resurs. Ona je osnovni posrednik između sistema za upravljanje saobraćajem i individualnog korisnika u saobraćajnom sistemu.

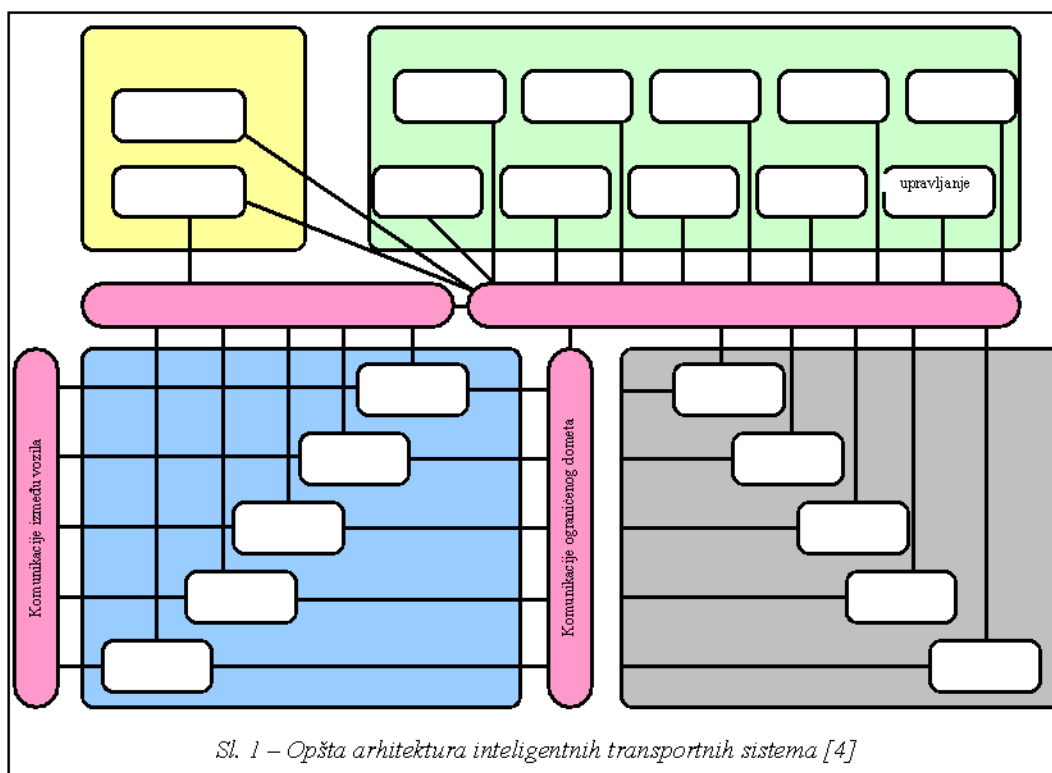
Postojeća – fiksna upravljačka oprema i signalizacija daju informaciju o nepromenljivim karakteristikama komunikacija (krivina, uspon, suženje kolovoza i dr.) ili o potrebnom ponašanju korisnika koje je njima uslovljeno (zabrana preticanja, ograničenje brzine, prvenstvo prolaza i dr.). Ovakve informacije imaju statički karakter. Uslovi u saobraćajnom toku i referentnom okruženju saobraćajne mreže ne utiču ništa manje na odvijanje saobraćajnog procesa, ali imaju karakter dinamičnosti, tj. promenljivi su u vremenu. Stoga, savremeno upravljanje saobraćajem mora biti adaptivno i zahteva informacije dinamičkog karaktera.

Savremenim sistemima za upravljanje saobraćajem, usled sposobnosti adaptivnog upravljanja i informisanja korisnika o činiocima koji utiču na kretanje u realnom vremenu, pripisuje se atribut inteligencije. Ovakve upravljačke sisteme karakteriše visok stepen integracije među pojedinačnim komponentama i komunikativnost i otvorenost prema komplementarnim informacionim sistemima u drugim oblastima (geografski informacioni sistem – GIS, sistem za globalno pozicioniranje – GPS i sl.).

Napredni upravljački sistemi, tzv. inteligentni transportni sistemi – ITS (eng. Intelligent Transportation Systems) mogu se definisati kao sistemi aplikacija informacionih i telekomunikacionih tehnologija u procesima planiranja i realizacije pro-

cesa u transportnim sistemima [3]. Prisustvo savremene računarske i telekomunikacione tehnologije u upravljanju saobraćajnim i transportnim procesima predstavlja pojamovnu odrednicu i suštinsku razliku između klasičnog pristupa u rešavanju saobraćajnih i transportnih problema, u odnosu na ITS pristup. Sistemi iz grupe ITS obuhvataju širok spektar tehnoloških rešenja za bežični i žični prenos informacija, integriranih u infrastrukturu transportnog sistema i u sama vozila, obezbeđujući kvalitetnije uslove saobraćaja, povećavajući nivo bezbednosti u saobraćaju i omogućavajući veću produktivnost u transportnim procesima.

Danas se ITS zasnivaju na 16 različitih tehnoloških rešenja, ali se svi mogu podeliti na inteligentne sisteme u saobra-



čajnoj infrastrukturi i inteligentne sisteme u vozilima [2]. Ali, svi oni su usmereni ka optimizaciji određenih pokazatelja kvaliteta saobraćaja (protoka na komunikacijama, vremenskih gubitaka, vremena putovanja, redova čekanja, aero za gađanja, buke, pokazatelja bezbednosti, potrošnje goriva i sl.), kao i obezbeđenju posebnih uslova saobraćaja određenim korisnicima (policiji, vatrogasnoj službi, hitnoj pomoći i dr.). Kao takvi, u sebi sublimiraju različite funkcije (upravljanje saobraćajnim zahtevima, regulisanje pristupa vozila na pojedine delove mreže, upravljanje radom svetlosnih signala na mreži) i obuhvataju strategije brzog reagovanja i organizovanja saobraćaja pri incidentnim situacijama, kao i napredne sisteme informisanja korisnika. Za sve sisteme koji u nazivu imaju atribut inteligentni karakteristično je nastojanje da upravljaju saobraćajem u realnom vremenu. Shodno tome, njihova opšta arhitektura može se šematski prikazati tako što se svi elementi mogu grupisati u četiri klase (slika 1). To su: putnici – vozači, upravljački centri, saobraćajna infrastruktura i vozila.

U sve četiri klase elemenata moguće je prepoznati određene podsisteme. Tako u klasi putnika – vozača postoje podsystem tzv. daljinske podrške putovanju i podsystem pristupa informacijama. Podsystemi u klasi upravljačkih centara su: podsystem provajdera usluge informisanja, podsystem upravljanja saobraćajem, podsystem upravljanja saobraćajem u kriznim situacijama, podsystem upravljanja drumarinama i drugim taksama, podsystem upravljanja zaštitom životne sredine, podsystem upravljanja tranzitnim saobraćajem,

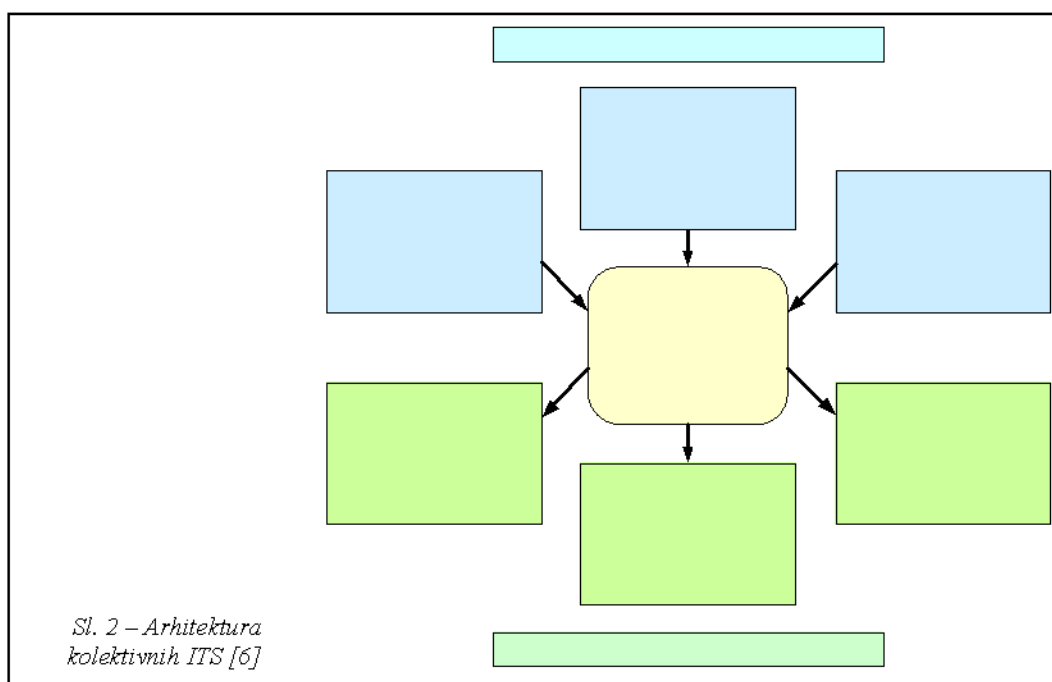
podsystem upravljanja saobraćajem komercijalnih vozila, podsystem upravljanja voznim parkom i robom – teretima, podsystem upravljanja održavanjem i servisiranjem vozila i podsystem upravljanja podacima. Klasa saobraćajne infrastrukture sadrži podsisteme komunikacija – puteva, monitoringa bezbednosti u saobraćaju, naplate drumarine i drugih taksi, upravljanja parkiranjem i provere komercijalnih vozila. Na kraju, klasa vozila podrazumeva podsisteme održavanja i servisiranja vozila, vozila u tranzitu, komercijalnih vozila, vozila posebnih službi (vatrogasna, hitna pomoć i sl.) i ostalih vozila.

Sve navedene klase i podsystemi u okviru njih međusobno su povezani komunikacijama različitih vrsta (mobilne – bežične komunikacije velikog dometa, komunikacije između fiksnih tačaka, komunikacije između vozila i komunikacije ograničenog dometa).

S obzirom na položaj konkretnog oblika ITS u saobraćajnom sistemu i na uslugu koju pruža u šemi opšte arhitekture lako je pronaći elemente konkretnog oblika ITS.

Prema objektu upravljanja ITS se mogu klasifikovati na kolektivne i individualne sisteme [5].

Kolektivni sistemi orijentisani su na upravljanje saobraćajnim tokovima, umesto pojedinačnim učesnicima. Funkcionišu tako što najpre detektuju uslove u saobraćajnom toku ili okruženju, zatim obrade podatke i donesu upravljačke odluke, koje na kraju distribuiraju korisnicima u vidu instrukcija ili informacija – kao podršku u procesu odlučivanja.



Detekcija uslova u saobraćajnom toku vrši se induktivnim detektorima ugrađenim u kolovoz, video detekcijom, zvučnom detekcijom ili sistemima zasnovanim na laserskoj tehnologiji. Obrada podataka realizuje se u kontrolnim (upravljačkim) centrima, gde se podaci arhiviraju u bazama podataka i istovremeno na osnovu njih formulišu upravljačke akcije. Korisnicima se informacije najčešće saopštavaju posredstvom svetlosne signalizacije (adaptacijom signalnog plana), vertikalne signalizacije promenljivog sadržaja ili radio-signala (lokalna ili javna frekvencija). Informacije su standardizovane i odnose se na uslove u saobraćajnom toku i na referentnoj mreži, meteorološke uslove, eventualne incidentne situacije i radove na putu, alternativne elemente saobraćajne mreže i sl. Svi elementi ovakvog sistema su međusobno po-

vezani komunikacionom mrežom klasične provodničke ili optičke kablovske tehnologije.

Usled ovakvog tehnološkog rešenja kolektivni sistemi upravljanja ne zahtevaju dodatno opremanje učesnika u saobraćaju, a komunikacija sa njima je jednosmerna. Opšta arhitektura sistema ovog tipa prikazana je na slici 2.

Individualni upravljački sistemi usmeravaju svoje upravljačke akcije ka pojedinačnim korisnicima, a shodno njihovim karakteristikama (vrsti vozila, vrsti tereta, odredištu i sl.) i trenutnim stanjem saobraćajnog toka. Ovakav koncept zahteva dvosmernu komunikaciju na relaciji sistem – korisnik, pa time i dodatno opremanje vozila odgovarajućom komunikacionom opremom (zasnovanom na upotrebi radio-signala, lasera, celularne telefonije, interneta i dr.) Ovakvi sistemi pružaju niz usluga njihovim korisnicima,

od optimizacije maršrute, preko navigacionih elemenata za planiranje ruta, kontrole pristupa određenim delovima saobraćajnog sistema, automatske naplate putarine i drugih naknada, do mogućnosti automatskog delovanja na sisteme i uređaje vozila.

Sa aspekta širokog kruga korisnika posebno interesantni su navigacioni sistemi koji predstavljaju simbiozu odgovarajućeg saobraćajnog informacionog sistema i različitih javnih informacionih sistema. Takvi sistemi, pored ostalog, obezbeđuju korisnicima i informacije iz drugih upravljačkih sistema (informacije o stanju tokova na urbanoj mreži, raspoloživosti parking-mesta, raspoloživosti javnog masovnog prevoza, redovima vožnje i mogućnosti rezervacije mesta u drugim vidovima saobraćaja, informacije o turističkim ili servisnim uslugama i sl.).

Ovakav pristup upravljanju saobraćajem i široka upotreba tehnologije ITS predstavlja realnost i budućnost savremenog inostranog okruženja, ali i cilj i težnju domaćeg. Shodno tome, takav pristup nameće se i u sistemu odbrane.

Moguća područja implementacije savremenih koncepcija u upravljanju saobraćajem u sistemu odbrane

Primenom tehnologije ITS moguće je ostvariti značajna poboljšanja u upravljanju tzv. vojnim putnim saobraćajem (vpSb). U prethodnom periodu u sistemu odbrane bilo je pokušaja da se određeni aspekti ITS implementiraju u praksu upravljanja vpSb (projekat automatizovanog praćenja vozila, pod nazivom „Pauk“), ali oni nisu uspešno realizovani.

U aktuelnom trenutku potrebno je ponovo razmotriti mogućnosti razvoja odgovarajućih ITS u sistemu odbrane, za koji bi interesantni aspekti ITS bili oni koji obezbeđuju informacije o uslovima u saobraćaju, informacije o lokaciji i statusu vozila, o radu vozila i vozača, informacije o realizaciji transportnih procesa i sl.

Sistemi informisanja učesnika u saobraćaju i vođenja vozila po mreži

U oblasti ITS postoje dva tipa sistema informisanja učesnika u saobraćaju i vođenja vozila po mreži [4]: sistemi kolektivnog informisanja i vođenja vozila po mreži i dinamički sistemi informisanja i vođenja vozila po mreži. Razvijeni kolektivni upravljački sistemi koriste vertikalnu saobraćajnu signalizaciju promenljivog sadržaja i mrežu lokalnih radio-stanica, kao sredstva za prenos informacija o detektovanim uslovima u saobraćajnom toku i okruženju ka korisnicima. Sem toga, oni nužno pretpostavljaju postojanje kontrolnog centra koji prikuplja podatke i distribuira informacije korisnicima. Sa druge strane, dinamički upravljački sistemi mogu biti i autonomni (ali su tada, uglavnom, ograničeni samo na vođenje vozila po mreži, mada ima primera i kada su povezani sa drugim informacionim sistemima). U tom slučaju, navigacija se ostvaruje pomoću mikroračunara sa CD ROM-om (GIS baza podataka), displeja, tastature i spoljnog uređaja koji registruje kretanje vozila i promenu smera (GPS prijemnik), a koji su ugrađeni u vozilu. Upotreba ovakvih sistema pretpostavlja i standardizovano obeležavanje celokupne saobraćaj-

ne mreže (ulica, objekata i dr.). U slučaju kada postoji i kontrolni centar, dinamički sistemi omogućavaju i jednosmernu i dvosmernu komunikaciju sa učesnicima u saobraćaju.

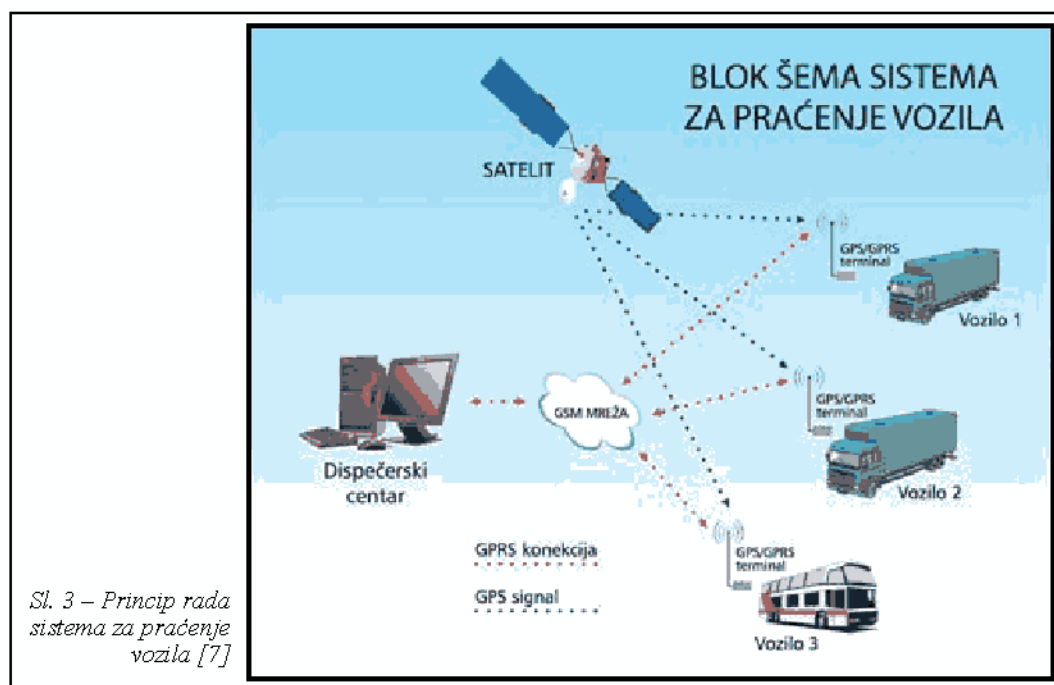
Uvođenje nekog od sistema ovog tipa u praksu upravljanja vojnim putnim saobraćajem bilo bi opravdano samo u kombinaciji sa „on-board“ navigacionim sistemima. Treba imati u vidu i činjenicu da su sistemi ovog tipa prvenstveno zastupljeni kod putničkih vozila, dok kod teretnih vozila još uvek nisu u širokoj upotrebi. Osim toga, puna primena ovih sistema bila bi moguća tek po implementaciji opreme koja omogućava novije postupke praćenja uslova saobraćaja putem infracrvenih senzora na saobraćajnicama, putem kamera i sl.

U ovom trenutku moguće je razmatrati uvođenje ovakvih sistema jedino u slučaju uske saradnje sa organima saobraćajne policije, od kojih bi se dobijale

informacije o uslovima u saobraćaju, i uz upotrebu radio-veze (internog karaktera ili mreže lokalnih radio-stanica – po ugledu na tzv. Highway advisory radio u Sjedinjenim Američkim Državama) ili mobilne telefonije za prenos informacija do konkretnog korisnika.

Sistemi za praćenje vozila

S obzirom na činjenicu da je savremena tehnologija omogućila određivanje pozicije vozila u komercijalne svrhe, sa tačnošću od nekoliko metara, ovakvi sistemi su u sve široj upotrebi u transportnim preduzećima. I na domaćem tržištu postoji nekoliko preduzeća koja korisnicima nude usluge praćenja vozila (JP PTT „Srbija“, preduzeće „Certus“, preduzeće „RB General Economics“, preduzeće „Master Security“ i dr.).



Sistemi ovog tipa su centralizovani, što znači da se svi podaci dobijeni od uređaja ugrađenih u vozila, putem GPS i mobilne telefonije, iz kontrolnog centra distribuiraju korisnicima, uglavnom preko internet sajta ili mreže mobilne telefonije (GSM), slika 3.

Pri implementaciji ovih sistema potrebno je ugraditi integrisani GPS/GPRS uređaj u svako vozilo (GPRS – General Pocket Radio Service – omogućava pristup internetu putem GSM mreže), koji će omogućiti određivanje lokacije vozila i praćenje njegove pozicije na mapi u realnom vremenu. Dobijene koordinate vozila GPS modul prosleđuje GPRS modulu, koji ih zatim šalje ka centralnom serveru korisnika preko GSM mreže. Na ovaj način obezbeđena je stalna (on-line) kontrola kretanja vozila, bez obzira na njihovu lokaciju. Sistem pruža niz pogodnosti: područje na kojem je moguće pratiti vozila ograničeno je samo rasprostriranjem GSM mreže, sva vozila su u neprekidnoj vezi sa upravljačkim centrom, velike su mogućnosti planiranja ruta vozila i smanjenja troškova i sl.

Informacije koje se distribuiraju korisnicima odnose se na trenutnu poziciju i brzinu kretanja vozila, smer njegovog kretanja, status (startovan motor, parkirano vozilo, vozilo u vožnji i sl.) i druge statusne podatke za vozilo (stanje akumulatora, datog kontakta, zvučnog signala, senzora vrata, aktiviranost tzv. panik tastera i komandi za imobilizaciju vozila i dr.). Na taj način korisnik analizom podataka može doći do niza informacija neophodnih za uspešno upravljanje voznim parkom: o eventualnim prekoracima brzine u toku izvršenja zadatka, o ukupnoj pređenoj kilometraži, o efektiv-

nom vremenu upotrebe vozila, o neovlašćenoj upotrebi vozila, o statusu senzora vozila, o pravilnosti realizacije transportnog zadatka (kretanju po planiranoj ruti, vremenu kretanja i sl.).

U sistemu odbrane primena sistema za praćenje vozila ne bi bila usmerena samo na upravljanje voznim parkom već i na poboljšanje procesa kontrole vpSb, bezbednosti vojnih učesnika u saobraćaju i dr. Konkretni rezultati primene sistema bili bi efikasnija zaštita lica, tereta i vozila, ostvarivanje uvida u pravilnost upotrebe vozila (u smislu sprečavanja zloupotreba i sl.), mogućnost bržeg intervenisanja u slučajevima otkaza vozila ili saobraćajnih nezgoda, itd.

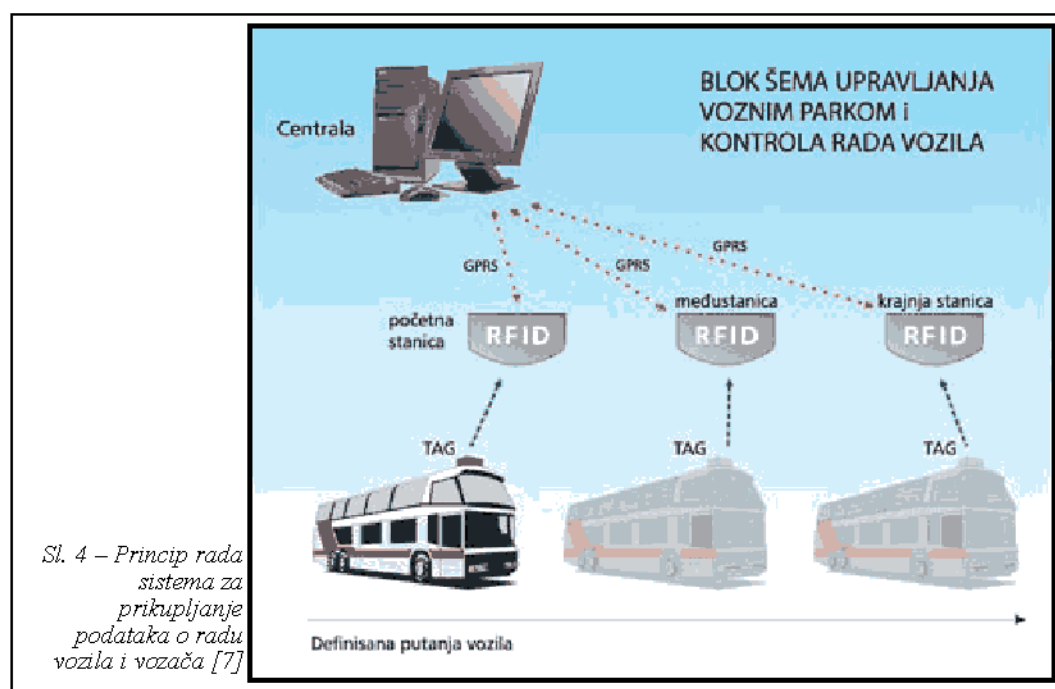
Sistemi za prikupljanje podataka o radu vozila i vozača

Tehnološka rešenja inteligentnih transportnih sistema za prikupljanje podataka o radu vozila ogledaju se u fizičkoj vezi elemenata sistema i uređaja na vozilu (tahografa, čitača broja obrtaja, merača potrošnje goriva, različitih elektronskih davača i senzora i sl.) [8]. Kada se radi o prikupljanju podataka o radu vozača, ono se realizuje preko nekog od uređaja za identifikaciju, jer vozači najčešće nisu zaduženi samo za jedno vozilo. Ne treba zaboraviti da su podaci o vozilu i o vozaču nerazdvojivi u svakom procesu analize efikasnosti rada vozila. Sam prenos prikupljenih podataka moguće je obezbediti trenutno – automatizovano, preko mreže mobilne telefonije ili satelitski, odnosno odloženo – preuzimanjem podataka sa jedinice za prikupljanje podataka ugrađene u vozilo, a nakon povratka vozila u bazu.

Najčešće se arhitektura sistema ovog tipa (slika 4) zasniva na radio-identifikaciji vozila (RFID – Radio Frequency Identification) i komunikacijama preko GPRS servisa. RFID oznake (tzv. tagovi) postavljaju se na vozila, a prijemnici se montiraju na kontrolne tačke, na saobraćajnoj mreži. Prijemnici registruju prolaz vozila pored kontrolnih tačaka, a GPRS moduli zatim šalju podatke ka centralnom serveru preko mreže mobilne telefonije i interneta. Tehnologija RFID obezbeđuje pouzdanu identifikaciju kretanja vozila, a GPRS servis siguran i brz prenos podataka. Sistem je vrlo ekonomičan zbog niske cene i jednostavne ugradnje oznaka na vozila, mogućnosti korišćenja postojeće saobraćajne infrastrukture za postavljanje prijemnika i relativno jeftinog prenosa podataka (cena je srazmerna količini prenetih podataka, a ne trajanju veze). Naravno, povećanjem broja vozila uključenih u si-

stem smanjuje se i cena uvođenja ovog sistema po vozilu.

Prikupljanjem podataka vezanih za režim rada vozila i vozača ovi sistemi omogućavaju efikasniju i ekonomičniju realizaciju transportnih procesa u sistemu odbrane. Efekti koji bi se javili kao direktna posledica upravljačkih odluka donetih na osnovu primene ovih sistema jesu znatno smanjenje potrošnje goriva, smanjenje troškova održavanja, povećanje bezbednosti vozila u saobraćaju, a time i smanjenje troškova osiguranja, itd. Osim toga, olakšali bi se postupci analiziranja transportnih procesa i konačno bi se, sa velikom preciznošću, mogli utvrditi parametri potrebni za utvrđivanje produktivnosti voznog parka. Ne treba zaboraviti da iz takvih analiza proizilaze i sve korektivne akcije (bilo u vidu organizovanja određenih treninga i kurseva za vozače, bilo u segmentu upotrebe vozila).



Sistemi za prikupljanje podataka o realizaciji transportnog procesa

Ovi sistemi najveću primenu nalaze u upravljanju i operacijama sa tzv. komercijalnim vozilima [9]. Oni obezbeđuju identifikaciju vozila, podatke o trenutnoj lokaciji, ukupnoj masi vozila, transportnom kapacitetu, eventualnom pomeranju tereta u prostoru za njegov smeštaj i sl. U perspektivi sistemi ovog tipa će, osim ka prirodi transportnog procesa, biti usmereni i ka vozačkoj populaciji, dizajnu i tehničkim karakteristikama vozila, tržištu i saobraćajnoj infrastrukturi. Shodno specifičnostima vozila koja su u fokusu ovih sistema, po pitanju težine, gabarita, vrste tereta koji se prevozi, ali i zona u kojima saobraćaj ovih vozila nije dozvoljen, oni će biti tesno vezani sa sistemima za navigaciju i vođenje vozila po mreži. Zavisno od arhitekture ovi sistemi omogućavaju i efikasnije – elektronsko dokumentovanje transportnog procesa.

S obzirom na prirodu najčešće prevoženih tereta i obim transporta u sistemu odbrane, uvođenje ovakvih sistema bi još uvek bilo neopravdano. Međutim, ako se osnovne postavke transportnog sistema promene i sistem odbrane otvori ka tržištu (bilo da nudi transportnu uslugu, bilo da je traži), aspekti prisustva ovakvih sistema postaju značajna prednost u kvalitetu ponuđene usluge, odnosno značajan kriterijum pri izboru prevozioca. O implementaciji sistema ovog tipa u sistem odbrane posebno treba razmisliti i u okviru uključivanja u evro-atlantske integracije, sa kojima bi došlo do značajnih promena u strukturi transportnih zahteva, prirodi i količini tereta i dr.

Podaci pribavljeni ovim sistemom omogućili bi kontinuiran monitoring svih tereta koji se transportuju i permanentno i objektivno vrednovanje rada vozača, ali i ostalih učesnika u transportnom procesu.

Aspekti Benefit-Cost analize implementacije ITS u sistem odbrane

Pri razvoju i implementaciji novih sistema, bilo kog oblika i u bilo kojoj oblasti, ukupna korist koju takvi sistemi donose mora biti veća od ukupnih ulaganja u njihov razvoj. Vrednost troškova, u svojevrsnoj Benefit-Cost analizi implementacije ITS u sistem odbrane, relativno je lako eksplicitno izraziti. U strukturi troškova najveći udeo imaju sredstva i oprema koji su neophodni za funkcionisanje sistema. Ukoliko bi se menadžment sistema odbrane opredelio za kupovinu usluga ITS na tržištu, taj udeo bi pripao ceni usluge. Ne treba zaboraviti da bi u strukturi troškova nezanemarljiv deo pripao i završavanju dela voznog parka, ali i programima edukacije zaposlenih za rad sa ITS. Pri tome, od velikog uticaja bila bi i odluka top menadžmenta o tome koje aspekte transporta u sistemu odbrane bi bilo potrebno „pokriti“ inteligentnim transportnim sistemima.

Međutim, eksplicitno izraziti vrednost ukupne koristi koju bi inteligentni transportni sistemi doneli celokupnom sistemu odbrane nije tako lako. Problem je što se pri takvoj analizi moraju uzeti u obzir i svi posredni uticaji novoprojektovanog sistema na funkcionisanje i razvoj celokupnog sistema odbrane. Primera radi, jedan od sporednih pozitivnih efekata ITS bio bi i opšti porast profesionalizacije svih zapo-

slenih, jer savremen pristup poslovanju i prateća oprema, sem što doprinose povećanju efikasnosti, zahtevaju i veću profesionalnost u radu, stručnost i preciznost zaposlenih. Promene u organizacionoj strukturi sistema odbrane bi, takođe, bile neminovne. Administrativni poslovi bi, u velikoj meri, bili automatizovani, što implicira i smanjenje broja izvršilaca na tim poslovima. Njihova upotreba definitivno bi dovela do promena u načinu funkcionisanja i praksi transporta u sistemu odbrane.

Direktne koristi koje bi implementacija ITS donela ogledaju se u: većoj mobilnosti i povećanju kvaliteta transportne usluge; unapređenju navigacionih performansi; lakšem i bržem otklanjanju posledica nastalih usled poremećaja u saobraćajnim tokovima; povećanju bezbednosti saobraćaja (naročito u uslovima smanjene vidljivosti); lakšem i efikasnijem planiranju, regulisanju i kontroli saobraćaja; povećanju bezbednosti lica i tereta (praćenjem kretanja važnih lica i tereta – municija, minsko-eksplozivna sredstva i sl.); smanjenju potrošnje pogonskog goriva i troškova održavanja; optimizaciji pri dimenzionisanju voznog parka; upravljanju kadrovima (definisane programe obuke zaposlenih, evaluacija rada zaposlenih i sl.); zaštiti životne sredine (smanjena emisija štetnih gasova i buke usled smanjenja vremena putovanja i poboljšanja ostalih uticajnih parametara) i dr.

Osim toga, rešenja problema transporta, zasnovana na efikasnijoj upotrebi informacija, kroz implementaciju ITS, manje koštaju od klasičnih rešenja (izgradnja infrastrukture na primer), a imaju i manji direktan uticaj na promenu životne sredine.

Zaključak

Predviđajući, a i trenutne potrebe za mobilnošću prevazilaze raspoložive kapacitete saobraćajnog sistema države. Aktuelni pristup rešavanju ovog problema usmeren je ka izgradnji i proširivanju infrastrukture – prvenstveno saobraćajnica, iako savremeni svetski trendovi teže ka produktivnijoj eksploataciji raspoloživih kapaciteta.

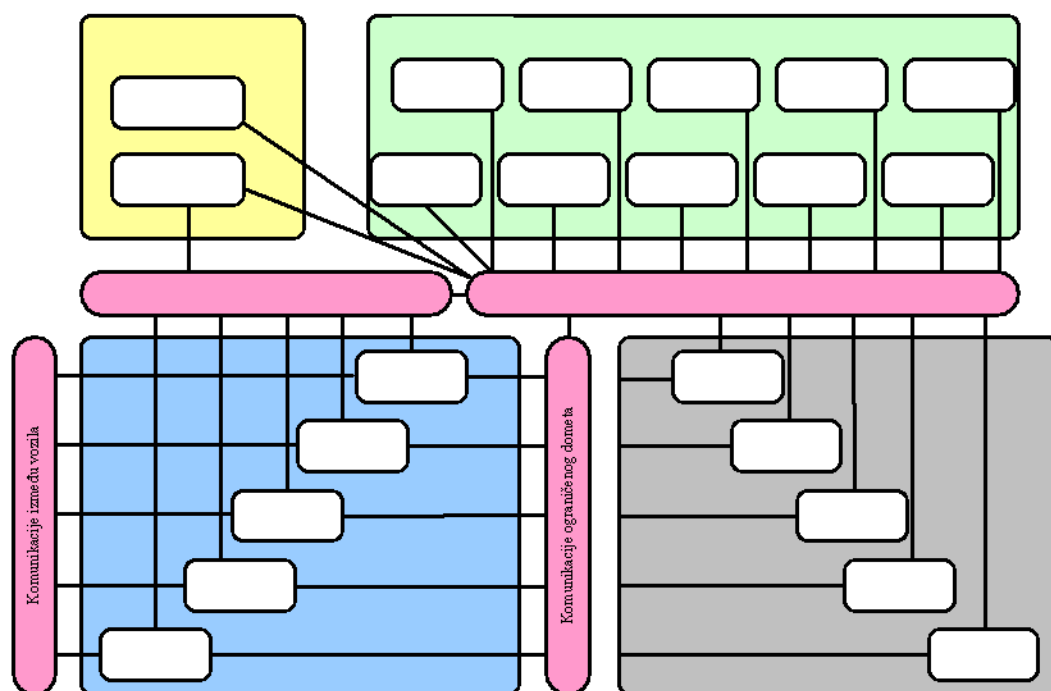
Tradicionalni principi funkcionisanja prevaziđeni su brzim napretkom informacionih tehnologija. Sistem odbrane je u prilici da, analizom područja funkcionisanja u kojima su promene neophodne, blagovremeno preduzme aktivnosti ka unapređenju funkcionisanja u tim područjima i brzom postizanju vidljivih rezultata. Pri tome sve aktivnosti moraju imati predviđajući karakter u odnosu na razvoj saobraćajnog sistema države.

Inteligentni transportni sistemi predstavljaju najaktuelnija rešenja u unapređivanju postojećih saobraćajnih sistema. Svojim delovanjem oni obezbeđuju komunikaciju između vozača, vozila, saobraćajnica i upravljačkog centra, kao i visok stepen stabilnosti saobraćajnih sistema. Prvi korak u njihovoj implementaciji u sistem odbrane predstavlja definisanje funkcija koje prate pružanje transportnih usluga i potrebnih informacionih tokova. Time bi se postavile osnove i za planiranje arhitekture ITS. Nakon toga sledi implementacija raznih oblika sofisticiranih aplikacija i sredstava za upravljanje saobraćajem i definisanje planova daljeg razvoja [10].

Velika prednost tehnologije ITS je i u tome što većina varijanti ovih sistema može međusobno da se integriše u jedinstven sistem.

Literatura:

- [1] Rentzhog, O.: Temelji preduzeća sutrašnjice, Prometej, Novi Sad, 2000.
- [2] www.itsoverview.its.dot.gov.
- [3] Bošnjak, I., Kolenc, J.: Redesigning traffic systems and logistic processes using ITS, International Conference „Traffic in Transitional Conditions – ITS and their Interfaces“, Dubrovnik, 1999.
- [4] www.fhwa.dot.gov
- [5] Inić, M.: Bezbednost drumskog saobraćaja, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
- [6] Petrović, S., Miljković, J.: „Primena inteligentnih transportnih sistema u zonama radova na putu“, Naučno-stručni skup „Rehabilitacija i rekonstrukcija puteva“, Zlatibor, 2007.
- [7] www.geneko.co.yu
- [8] www.itsa.org
- [9] Miličić, M.: Komercijalna vozila i inteligentni transportni sistemi, V Simpozijum sa međunarodnim učešćem „Prevencija saobraćajnih nezgoda na putevima“, Novi Sad, 2000.
- [10] Bošnjak, I.: Inteligentni transportni sistemi, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2001.

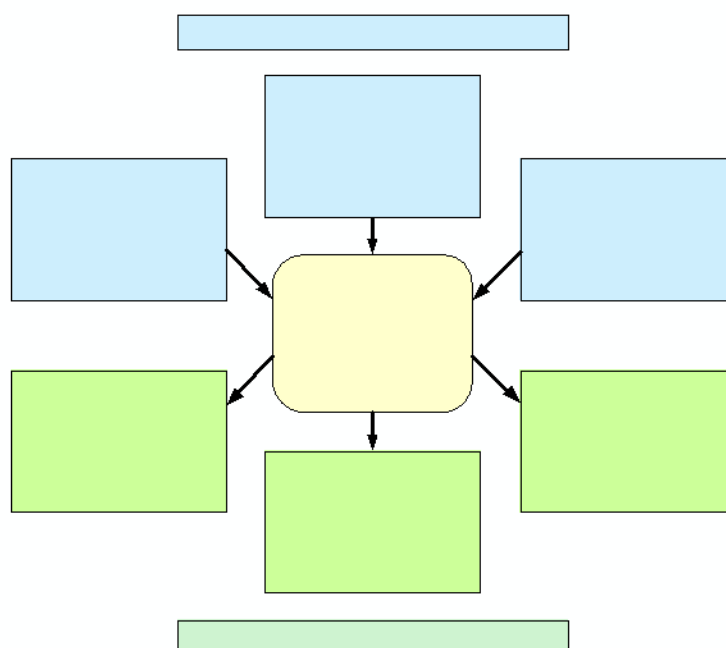


Sl. 1 – Opšta arhitektura inteligentnih transportnih sistema [4]

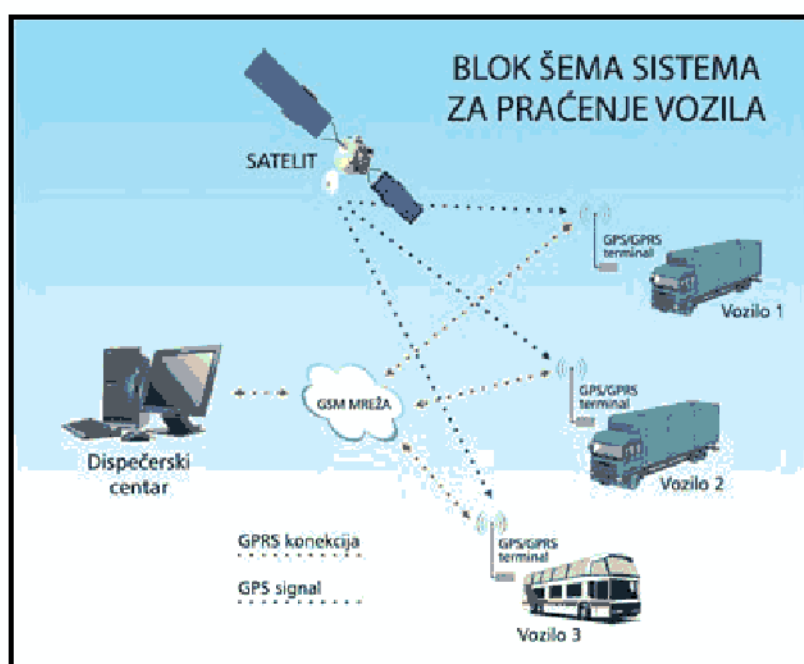
Putnici - vozači

daljinska podrška
putovanju

pristup
informacijama

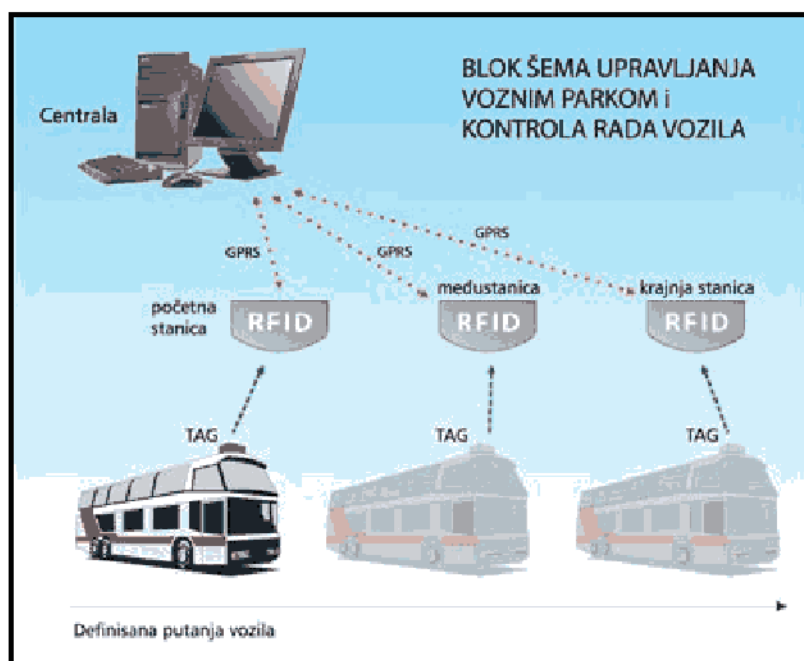


Sl. 2 – Arhitektura kolektivnih ITS [6]



Sl. 3 – Princip rada sistema za pračenje vozila [7]

Senzor



Sl. 4 – Princip rada sistema za prikupljanje podataka o radu vozila i vozača [7]

Docent dr Mirko Borisov,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnogeografski institut,
Beograd

DIGITALNA TOPOGRAFSKA KARTA 1:250 000 – PREMA NATO STANDARDIMA

UDC: 528.425 : 004.92

Rezime:

U radu se iznose iskustva pri izradi i oblikovanju vojne topografske karte razmera 1:250 000. Karta se izrađuje u Vojnogeografskom institutu, po NATO standardima i u digitalnom obliku. Iskustva drugih država u kreiranju vojnih topografsko-kartografskih sistema i karata mogu se uporediti sa našim. Postupci izrade i ažuriranja vojnih topografskih karata su informatički podržani uz veliki stepen automatizacije pojedinih faza njihove izrade i osavremenjavanja.

Ključne reči: vojna kartografija, topografska karta, NATO standardi, UTM, simbologija.

DIGITAL 1:250 000 TOPOGRAPHIC MAP DESIGNED IN ACCORDANCE WITH NATO STANDARDS

Summary:

The paper presents the design of the 1:250 000 military topographic map in the Military Geographical Institute (MGI) in accordance with NATO standards and in a digital form. Other states' experiences in designing military topographic and cartographic systems and maps can be compared with those of the MGI's. The procedures of producing and updating military topographic maps are computer aided while particular phases are automated to a great extent.

Key words: military cartography, topographic map, NATO standards, UTM, symbology.

Uvod

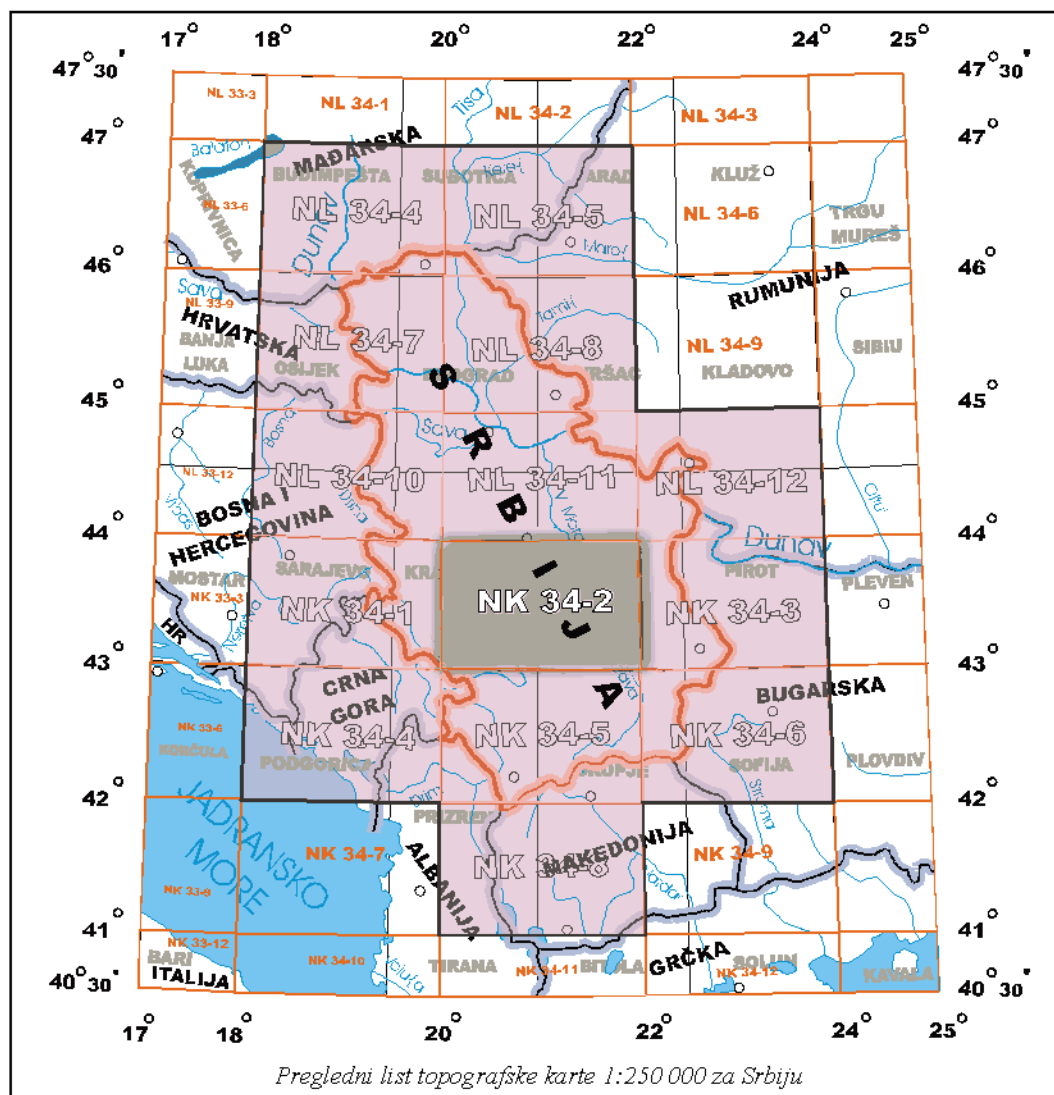
U sistemu karata koje izdaje Vojnogeografski institut nedostaje topografska karta razmere 1:250 000. Pored toga, određenom analizom može se ustanoviti da karte imaju i mnoge nedostatke, kao što su slaba ili gotovo nikakva primena novih standarda u vojnoj kartografiji. Uspostavljanje interoperabilnosti i novih vojnih standarda veoma je složen, dug i skup posao, a njegovo odlaganje bilo bi neracionalno i neodgovorno, naročito danas kada je naša zemlja u Partnerstvu za mir.

Predmet ovog rada je upravo digitalna topografska karta u razmeri 1:250 000.

Osnovni cilj je analiza i primena novih standarda, sa težištem na NATO standardima. Topografska karta u razmeri 1:250 000 jedna je od najvažnijih i najčešće korišćenih vojnih topografskih karata u Evropi. Ona je ujedno i osnovna operativna karta u NATO-u.

Topografska karta razmera 1:250 000

Sve zemlje članice NATO-a ili Partnerstva za mir potpisuju međunarodne sporazume o saradnji na području geoprостornih informacija. To znači izradu i razmenu svih listova topografskih karata



područja susednih država. Pri tome je svaka strana odgovorna samo za podatke na području svoje države. Tako se smanjuju troškovi i vreme izrade topografskih karata, te osigurava potrebna tačnost za podatke izvan granica vlastite države.

U Vojnogeografskom institutu počelo se sa izradom karte 1:250 000. To je projekat Vojna topografska karta razmera 1:250 000, kopnene i aeronautičke (vazduhoplovne) varijante, nazvan JOG

– Joint Operation Graphics. Pri tom, standardi NATO-a dozvoljavaju sadržajnu i vizualnu raznolikost karata u različitim zemljama članicama, ali matematička osnova vojnih topografskih karata mora biti ista. To se, pre svega, odnosi na razmeru i projekciju.

Takođe, postoje objekti i simboli u kartografskom ključu, kao i fenomeni u prirodi, koji nisu mnogo važni ili nisu više aktuelni. Prethodna klasifikacija sadr-

žaja je prilično neusklađena. To se posebno odnosi na prikaz puteva. Na primer, postoji dilema da li da se zadrži zastarela podela (glavni, regionalni ili lokalni) ili izvede nova klasifikacija puteva, prema tehničkim karakteristikama i kvalitetu.

Projekcija i podela na listove

Radi racionalizacije, modernizacije, postizanja interoperabilnosti, te ispunjavanja standarda NATO (STANAG – Standardization Agreement) potrebno je preći na novi geodetsko-kartografski sistem. Izrada topografske karte razmera 1:250 000 prema novim standardima obuhvata usklađivanje i ispunjavanje određenih normi i kartografskih specifikacija. To su:

- kartografska projekcija – UTM,
- referentni elipsoid – WGS 84,
- visinska osnova – srednji nivo mora (Jadransko more),
- koordinate – pravougle i geografske,
- referentni sistem – vojna kartografska mreža (grid),
- područje Srbije – 14 listova (slika),
- format listova – $2^{\circ} \times 1^{\circ}$.

Sadržaj topografske karte

Sadržaj topografske karte 1:250 000 uslovljen je, pre svega, njenom vojnom namenom. Nova rešenja treba da zadovolje prvenstveno vojne potrebe. Međutim, osim te osnovne namene, ona može da zadovolji i potrebe drugih korisnika. Zbog toga je koncipirana kao pregledna topografska karta. Takođe, na prikaz i izbor sadržaja karte utiču različiti faktori privrednih i infrastrukturnih promena na

terenu. Sadržaj vojne topografske karte u razmeri 1:250 000 obuhvata: reljef, hidrografsku mrežu i objekte, vegetaciju, naseljena mesta, komunikacije i objekte na njima (putevi, železnice, mostovi, tuneli), državnu granicu i objekte, vojne objekte i infrastrukturu, trigonometrijske i nivelmanske tačke i toponime i brojčane podatke.

Topografska karta razmere 1:250 000 izrađuje se na osnovu postojećih kartografskih materijala. Osnovni izvori su geobaza podataka PTK 1:300 000, digitalna topografska karta 1:200 000 i digitalna vazduhoplovna vojna karta 1:200 000. Pomoćni izvori podataka predstavljaju topografske karte krupnije razmere i raspoloživi statistički izvori (popis stanovnika, podaci javnih preduzeća iz oblasti infrastrukture i dr.).

Pored izbora sadržaja topografske karte u razmeri 1:250 000 i utvrđivanja koncepcije njegovog prikaza javila se potreba da se sagleda njena celina, a posebno legenda. Vanokvirni sadržaj ove karte jedinstven je za sve listove i sadrži:

- naziv karte, naziv lista, oznaku i broj izdanja,
- nazive i oznake veznih listova,
- upozorenja o zabrani kopiranja i umnožavanja,
- podatke o kartografskim izvorima,
- podatke o izdavaču i godini izdanja,
- preglednu skicu s položajem veznih listova,
- oznaku kvadrata 100×100 km vojne UTM mreže,
- oznaku tajnosti i
- nazive na srpskom i engleskom.

Sadržaj topografske karte 1:250 000 vremenom će se dopunjavati, ne samo postojećim kartografskim podacima krupnije

razmere, već će se koristiti aerofoto i satelitski snimci. Uбудуće se može očekivati automatska kartografska generalizacija i brža dopuna iz krupnijih razmera, kao i izvođenje sadržaja geografskih karata sitnijih razmera (1:500 000 i 1:1 000 000).

Postupak izrade karte

Izrada digitalne topografske karte u razmeri 1:250 000 obavlja se u GIS okruženju. Nakon izbora i georeferenciranja digitalnih izvora podataka (većina izvora podataka u Vojnogeografskom institutu imaju digitalnu formu) u novi koordinatni sistem (UTM – WGS84), pristupilo se obradi i modelovanju sadržaja u jedinstvenoj geobazi podataka za topografsku kartu 1:250 000. Vizualizacija podataka zasnovana je na novoj simbologiji, odnosno primeni biblioteke znakova iz softvera ArcGIS, a urađeni su i novi kartografski simboli. Simbologija je direktno implementirana u geobazu i omogućila željeni prikaz podataka.

Posle iscertanog sadržaja karte, obavljena je korektura i, na kraju, verifikacija karte na probnom otisku. Nakon toga generisani su postscript fajlovi za izradu filmova (izvaci boja – cmyk) i pristupilo se filmovanju, odnosno fotoosvetljavanju

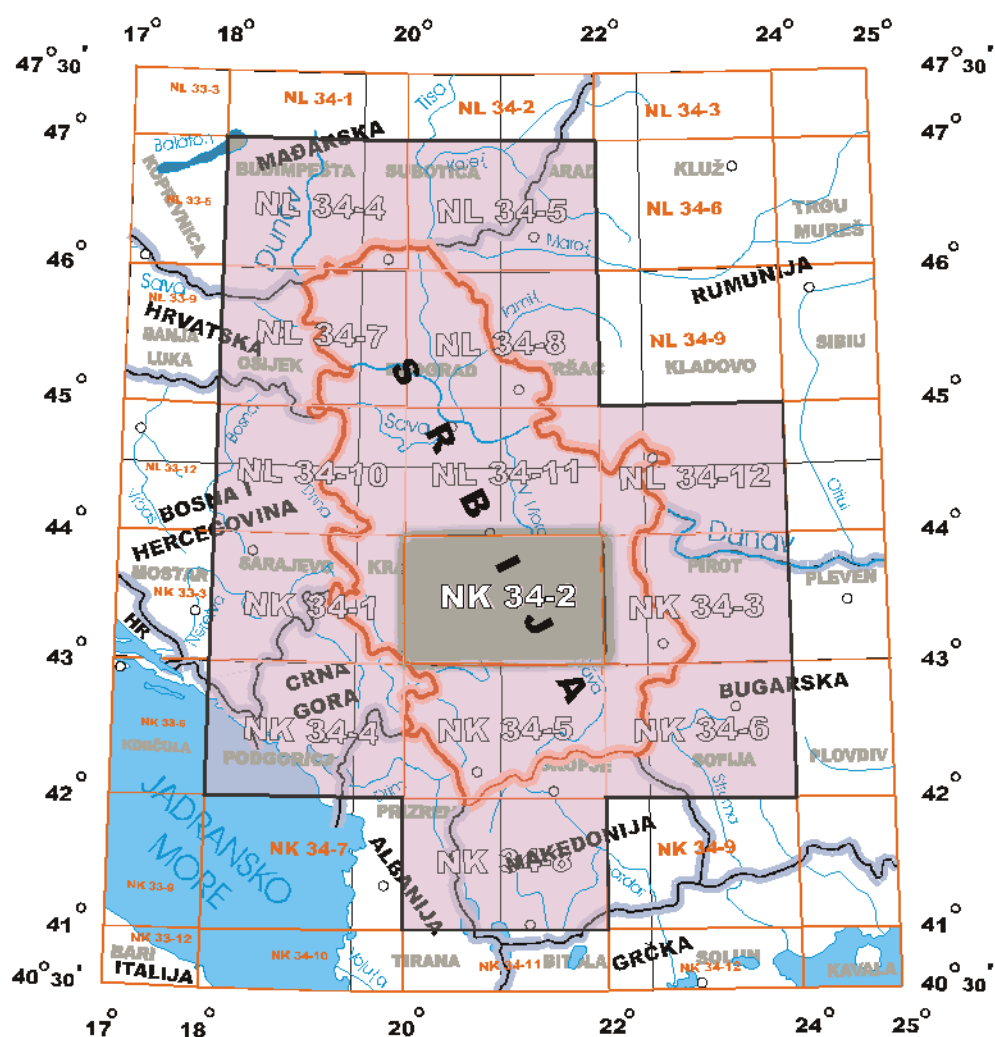
postscript fajlova. Tiražna štampa karte izrađuje se u šest boja za kopnenu varijantu i sedam boja za vazduhoplovnu varijantu.

Zaključak

Sve države u tranziciji su u sličnom položaju, pa nastoje da se približe praksi i standardima zapadnih zemalja u izradi vojnih topografskih karata. I u Srbiji se, pristupanjem Partnerstvu za mir, pojavljuje potreba i obaveza da se izradi topografska karta razmere 1:250 000 prema novim standardima. Postupkom standardizacije postiže se harmonizacija i usklađivanje sadržaja topografskih karata, koje najčešće koriste komande, vojne jedinice, ali i drugi organi i državne službe (vladine organizacije, instituti i dr.).

Literatura:

- [1] Geographic service of armed forces of the Czech Republic (2006): Military geographic service and military topographic institute Dobruška.
- [2] Borisov, M. (2005): Topografsko-kartografski sistem prema novim vojnim standardima, Stručni rad, Vojnotehnički glasnik br. 3–4, Beograd, str. 315–325.
- [3] <http://www.maptrax.com.au/topographicmaps.htm>
<http://www.defence.gov.au/digo/digo/ProductVMap.htm>
- [4] STANAG 3600, (2000): Topographical Land Maps and Aeronautical Charts 1:250000 for Joint Operations, North Atlantic Treaty Organization, Military Agency for Standardization.



Pregledni list topografske karte 1:250 000 za Srbiju

Mr Nebojša Gaćeša,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnoizdavački zavod,
Beograd

II NAUČNO-STRUČNI SKUP ODBRAMBENE TEHNOLOGIJE – OTEH 2007

– prikaz naučno-stručnog skupa –

U Beogradu je, od 3. do 5. oktobra 2007. godine, održan II naučno-stručni skup Odbrambene tehnologije OTEH 2007. Prisustvovali su istraživači iz područja odbrambenih tehnologija, sa ciljem da sveobuhvatno i multidisciplinarno sagledaju aktuelnosti u ovoj oblasti. OTEH je ove godine, po broju prijavljenih i izloženih radova, jedan od najvećih naučno-stručnih skupova u zemlji.

Organizacija OTEH-a 2007 poverena je Vojnotehničkom institutu u Beogradu. Prvi naučno-stručni skup pod nazivom Odbrambene tehnologije u funkciji mira održan je od 6. do 7. decembra 2005. godine u Beogradu, u organizaciji Vojne akademije.

Organizator ovogodišnjeg OTEH-a, Vojnotehnički institut (VTI), prva je i najveća vojna naučnoistraživačka ustanova u Srbiji sa šezdesetogodišnjom tradicijom, koja se bavi istraživanjima i razvojem novih i modernizacijom postojećih sredstava naoružanja i vojne opreme (NVO) za sva tri vida vojske: KoV, V i PVO i RM. Vojnotehnički institut razvio je i uveo u naoružanje ili upotrebu 1300 sredstava NVO. Vojnotehnički institut osnovan je 3. novembra 1948. godine naređenjem Ministarstva odbrane FNRJ, kojim je objedinjen rad instituta formiranih po određenim specifičnim oblastima istraživanja. U

periodu od 1950. do 1992. godine naučnoistraživački rad u oblasti vojne tehnike odvijao se u tri instituta: Vojnotehničkom institutu KoV, Vazduhoplovnotehničkom institutu i Brodarskom institutu. Naređenjem saveznog ministra odbrane iz 1992. godine, u sklopu transformacije vojske, formiran je jedinstveni Vojnotehnički institut od Vojnotehničkog instituta KoV i Vazduhoplovnotehničkog instituta. Vojnotehnički institut je stekao status naučnoistraživačke ustanove 1976. godine i od tada permanentno ispunjava sve uslove koji se zahtevaju saveznim i republičkim zakonima o naučnim ustanovama. Naučnoistraživačka delatnost VTI-a obuhvata primenjena istraživanja u više od 20 područja vojne tehnike. Vojnotehnički institut ima 22 doktora i 62 magistra i specijalista u tehničkim delatnostima značajnim za razvoj sredstava NVO. U Vojnotehničkom institutu radi 13 istraživača s naučnim zvanjem, a oko 10 istraživača Instituta je angažovano na fakultetima i visokim vojnim školama u zemlji. Vojnotehnički institut ima uspešnu saradnju s tehničkim fakultetima i učestvuje u izvođenju doktorskih i magistarskih studija.

Predsednik organizacionog odbora skupa OTEH 2007 bio je Ilija Pilipović, dipl. inž., pomoćnik ministra odbrane za materijalne resurse, a potpredsednik pu-

kovnik prof. dr Mladen Pantić, direktor VTI. Predsednik programskog odbora bio je pukovnik prof. dr Mladen Pantić, a potpredsednik naučni savetnik pukovnik dr Dušan Rajić iz VTI. Na čelu sekretarijata skupa bio je pukovnik dr Milorad Milovanović iz VTI, a zamenik sekretara mr Miodrag Vračar.

Rad na ovom skupu odvijao se u okviru plenarne sednice, okruglog stola, sednica po sekcijama, izložbe knjiga i sistema naoružanja i vojne opreme. Za OTEH 2007 prijavljeno je 179 radova u čijem je stvaranju učestvovalo 287 autora i koautora. Svi radovi su recenzirani i razvrstani u 22 sednice u okviru 10 sekcija podeljenim po tematskim oblastima.

Tematske oblasti (sekcije) su:

- Naoružanje i balistika (NB),
- Borbene platforme – vazduhoplovi, vozila, brodovi (BP),
- Municijska i eksplozivni materijali (MEM),
- Sistemi elektronskog ratovanja, vođenja i upravljanja i senzori (SERVUS),
- Telekomunikacioni, informacioni i komandno-informacioni sistemi (TIKIS),
- Geotopografske tehnologije (GTT),
- Menadžment u sistemu odbrane i logistika (MSOL),
- Sistem kvaliteta, standardizacija, kodifikacija i metrologija (SKSKM),
- Inovativnost, novi materijali, tehnologije i zaštita (INMTZ) i
- Medicina u funkciji odbrane (MFO).

Drugi naučno-stručni skup OTEH 2007 započeo je rad 3. oktobra 2007. godine u prostorijama VTI u Žarkovu. Uvodnu reč dao je predsednik programskog odbora pukovnik prof. dr Mladen Pantić. U kratkom prikazu o ulozi VTI-a kao naučnoistraživačke ustanove istakao

je i reference i publikacije koje institut izdaje. Osvrnuo se i na današnji status i zacrtane globalne ciljeve u pogledu razvoja i rada VTI-a.

Zatim se skupu obratio predsednik organizacionog odbora Ilija Pilipović, pomoćnik ministra odbrane za materijalne resurse. On je istakao značaj OTEH-a i njegovu ideju da očuva i pospeši naučnoistraživačku delatnost. U tom smislu sugerisao je da sledeći OTEH 2009 analizira koji su radovi sa ovogodišnjeg skupa ušli u praksu. Naime, „cilj je da naučnoistraživački rad u što većem obimu ugleda svetlo dana“. Istakao je još jednu dimenziju sledećeg OTEH-a 2009: da krajnji korisnici – starešine, iskažu svoje potrebe i da jedni drugima idu u susret.

Na plenarnim predavanjima prvi predavač bio je pukovnik dr Danko Jovanović, zastupnik načelnika Uprave za odbrambene tehnologije. Tema njegovog predavanja bila je *Uticaj tehnologije na održivi razvoj*. U ovom radu dat je kratak osvrt na savremene tehnologije; pojam, razvoj, primenu i njihov uticaj na održivi razvoj uopšte. Pukovnik Jovanović ukazao je na tri aspekta svake tehnološke prakse (tehnički, kulturni i organizacioni), kao i na nužnost sagledavanja tehnologije ne samo sa stanovišta efikasnosti već i efektivnosti. Ogledanje tehnologije kao društvenog odnosa u moći čoveka prema drugom čoveku determiniše uslove za razvoj tehnologije u savremenom svetu. Pukovnik Jovanović osvrnuo se i na resurse koji su bili objekti interesovanja u prošlosti, kao i na današnje osnovne resurse – energiju i obezbeđenje ekosistema (probleme vezane za zagađenje životnog prostora). S tim u vezi su nasto-

janja velikih sila da pokušaju da iznađu prostore gde bi se odlagao nuklearni otpad, ali i da izmeste tzv. prljave tehnologije iz svojih u nerazvijene zemlje. U radu je istaknuta i uzajamna povezanost privrednih i drugih problema u nekoj zemlji sa zaustavljanjem finansiranja tehnološkog razvoja, koji omogućava pravi privredni i svaki drugi oporavak, ali se on prvi i zaustavlja. Sa razvojem opšteg tehnološkog i vojnog nivoa razvijenosti u svetu, koji je evidentan, menjaju se i odnosi u svetu. Danas su osnovni pravci razvoja razvrstani u deset grupa: telekomunikacije, elektronika, kompjuteri, novi materijali, optoelektronika, biotehnologija, energija, robotika, genetsko inženjerstvo (čije su najavljene radikalne novine posebno uzbudljive) i svemir. Interesantno je u tom smislu dati osnovne pravce razvoja vojnih tehnologija. To su robotika, poboljšanje snabdevanja energijom i propulzija, mobilne i adaptivne mreže i napredak u biološkim naukama. Ipak, nekada tvrda granica između vojnih i „civilnih“ tehnologija, danas se „istopila“ i više ne postoji. U ovom radu prikazana je aktuelna metodologija procenjivanja tehnologije, jer je bitno izvršiti procene tehnologije i to prognozom efekata pre uvođenja i analizom efekata posle uvođenja. Pukovnik Jovanović je na kraju svog izlaganja govorio o održivom razvoju i tehnologijama koje treba razvijati i primenjivati, uzimajući u obzir da najveći rizik i pretnje nosi razvoj i opasnost od upotrebe vojne tehnologije. Na kraju je zaključio da „tehnologija treba uvek da ostane, u krajnjem, samo kao čovekovo sredstvo za ostvarivanje nečeg boljeg i pravednijeg i to po kriterijumu koji ljudi uspostave sami, dobrovoljno i slobodno“.

Drugi predavač u okviru plenarnih predavanja bio je pukovnik prof. dr Mitar Kovač, načelnik Uprave za strategijsko planiranje, čiji je rad nosio naziv *Vizija razvoja sistema odbrane kao činilac strategije razvoja odbrambenih tehnologija*. U uvodu rada pukovnik Kovač istakao je da su dosadašnjim organizacionim promenama u sistemu odbrane Republike Srbije stvorene pretpostavke za uspešan nastavak reforme, s obzirom na potrebu da se redefiniše celokupna politika odbrane, u odnosu na izmenjen karakter savremenih izazova, rizika i pretnji nacionalnoj bezbednosti, kao i opredeljenja Republike Srbije da se integriše u evroatlantske bezbednosne strukture. Kao značajan preduslov podvukao je primenu savremenih standarda u procesu strateškog planiranja odbrane i u toku implementacije rešenja u praksi. S tim u vezi urađen je *Plan razvoja odbrane*, kao polazna osnova za izradu programa i projekta razvoja na srednjoročnom nivou, kao i za smernice za planiranje odbrane i planove na godišnjem nivou planiranja u sistemu odbrane. Plan razvoja odbrane predstavlja operacionalizaciju opredeljenja iz *Strategijskog pregleda odbrane*. Pukovnik Kovač zatim je analizirao viziju razvoja Vojske Srbije i naglasio buduća obeležja i misiju Vojske. Takođe, analizirani su potrebni resursi za realizaciju funkcija Vojske, radi postizanja opšteg cilja – opremanja sredstvima naoružanja i vojne opreme, tj. postizanja potrebne vojne sposobnosti. Uslov za uspešnu implementaciju suštinskih reformskih zahvata u sferi odbrane jeste integrisanost aktivnosti svih struktura sistema odbrane i podrška odgovarajućih struktura države.

Pukovnik Kovač zatim je analizirao čini-
oce razvoja odbrambenih tehnologija,
koji treba da budu okvir daljeg planiranja
i postavljanja vizija razvoja odbrambenih
tehnologija i sistema odbrane. Shodno
aktivnostima Vlade Republike Srbije i
Ministarstva odbrane na restrukturiranju i
konsolidaciji odbrambene industrije,
glavna orijentacija u istraživačko-razvoj-
nim programima je u transferu tehnologi-
ja i osposobljavanju fabrika namenske
industrije za proizvodnju naoružanja i
vojne opreme, kako za vlastitu upotrebu,
tako i za plasiranje na međunarodno tr-
žište. Takođe, osnovni principi i ciljevi
tehnološkog razvoja su određeni i u skla-
du sa činjenicom da je naša zemlja pri-
stupila programu Partnerstvo za mir. Va-
žna je i potreba reorganizacije i unapre-
đenja naučnoistraživačke delatnosti, u
skladu sa misijama i zadacima Vojske,
uključujući razvoj i proizvodnju naoruža-
nja i vojne opreme, kao i osposobljavanje
naučnoistraživačkog kadra. Pored raspo-
loživih tehnologija, značajan činilac raz-
voja odbrambenih tehnologija jeste i ka-
drovski potencijal, pri čemu se treba iz-
boriti za naučnoistraživački kadar i zašti-
titi ga od nekontrolisanog odliva.

Pukovnik Kovač analizirao je, ima-
jući u vidu trendove izvođenja borbenih
dejtava u savremenom ratovanju, pravce
razvoja savremene borbene tehnike, za-
tim put kojim bi trebalo da se kreće raz-
voj naše namenske industrije, te priorite-
te opremanja i modernizacije Vojske Sr-
bije. U završnom delu svoga izlaganja
govorio je o dimenzionisanju kapaciteta
odbrambenih tehnologija u skladu sa vi-
zijom sistema odbrane, čiju okosnicu čini
vojna namenska industrija. Potpunom

oporavku odbrambenih kapaciteta na-
menske industrije može da doprinese po-
jačano učešće i briga države za stanje u
tim preduzećima, jer su to institucije od
strateškog nacionalnog interesa. Učešće
države trebalo bi da se ogleda u pomoći
u procesu modernizacije i obnove proiz-
vodnih kapaciteta, uvođenju novih tehnolo-
gija, opremanju proizvodnih kapaciteta
i podsticanju izvozne orijentacije predu-
zeća, čime bi se stvorili uslovi za efika-
san nastup na međunarodnom tržištu. U
poslednje vreme značajan je i razvoj is-
traživačkih i proizvodnih kapaciteta pri-
vatnog sektora (npr. protivoklopni sistem
poslednje generacije ALAS, privatnog
preduzeća EdePro, u svetu je ocenjen kao
jedan od najznačajnijih proizvoda srpske
odbrambene industrije). Naglašeni su i
konkretni elementi proizvodnje prema
kojima bi trebalo da se usmere naši istra-
živačko-razvojni i proizvodni kapaciteti,
kao i važnost funkcionalne koordinacije
kojom bi se integrisali istraživački, raz-
vojni, proizvodni i opitni centri na nacio-
nalnom nivou. Takođe, uspostavljanje
poslovne saradnje sa renomiranim kom-
panijama u svetu treba da omogući našim
fabrikama odbrambene industrije da usa-
vršavaju kadrove, modernizuju tehnolo-
giju, prošire svoje proizvodne asortimane
i proizvodnu opremu. Na kraju je istak-
nuto da veliko iskustvo kadrova odbram-
bene industrije Srbije, sačuvan stručni i
tehnički potencijal, podjednako raspolo-
ganje istočnim i zapadnim tehnologijama,
kvalitet proizvoda i njihova konkuren-
tna cena na svetskom tržištu, navode
na zaključak da odbrambena industrija
Srbije ima perspektivu i da će ponovo
postati respektabilan faktor na međuna-
rodnom tržištu.

Nakon plenarnih predavanja usledio je rad po sekcijama.

Prva sekcija Naoružanje i balistika realizovana je kroz dve sednice sa ukupno 16 radova. Prvom sednicom, sa devet izloženih radova, predsedavao je član programskog odbora prof. dr Slobodan Jaramaz. Na drugoj sednici izloženo je sedam radova, a predsedavao je član programskog odbora skupa pukovnik prof. dr Dušan Regodić.

Druga sekcija, pod nazivom Borbene platforme (vazduhoplovi, vozila i brodovi), realizovana je kroz četiri sednice sa ukupno 33 rada. Prvom sednicom ove sekcije, a ukupno trećom sednicom skupa, sa 10 izloženih radova, predsedavao je pukovnik prof. dr Mladen Pantić. Na četvrtoj sednici izloženo je sedam radova, a predsedavao je član programskog odbora i sekretarijata skupa prof. dr Dragoljub Vujić. Predsedavajući pete sednice bio je član programskog odbora naučni savetnik dr Stevan Maksimović, a u okviru nje izloženo je devet radova. Profesor dr Dragoljub Vujić predsedavao je i šestom sednicom, na kojoj je izloženo sedam radova.

Treća sekcija Municija i eksplozivni materijali realizovana je kroz dve sednice sa ukupno 16 radova. Prvom sednicom ove sekcije, a ukupno sedmom po redu na skupu, sa osam izloženih radova, predsedavala je dr Mirjana Anđelković-Lukić. Na osmoj sednici izloženo je osam radova, a predsedavao je član programskog odbora, naučni savetnik dr Miloš Filipović.

Četvrta sekcija Sistemi elektronskog ratovanja, vođenja i upravljanja i senzori realizovana je kroz devetu, desetu, jedanaestu i dvanaestu sednicu, sa ukupno 29

radova. Devetom sednicom skupa, sa osam izloženih radova, predsedavao je član programskog odbora pukovnik prof. dr Miljko Erić. Na desetoj sednici izloženo je sedam radova, a sednicom je predsedavao prof. dr Aleksa Zejak. Predsedavajući jedanaeste sednice bio je pukovnik doc. dr Goran Dikić, a u okviru nje izloženo je šest radova. Sekretar OTEH-a 2007, pukovnik dr Milorad Milovanović, predsedavao je dvanaestom sednicom, na kojoj je izloženo osam radova.

Peta sekcija Telekomunikacioni, informacioni i komandno-informacioni sistemi realizovana je kroz dve sednice sa ukupno 13 radova. Prvom sednicom ove sekcije, a ukupno trinaestom po redu na skupu, sa sedam izloženih radova, predsedavao je član programskog odbora vanredni prof. dr Desimir Vučić. Na četrnaestoj sednici izloženo je šest radova, a predsedavao je član programskog odbora docent dr Radomir Janković.

Šesta sekcija Geotopografske tehnologije realizovana je kroz petnaestu sednicu skupa, sa ukupno 10 radova. Ovom sednicom predsedavao je član organizacionog odbora pukovnik dr Mirko Borisov.

Sedma sekcija Menadžment u sistemu odbrane i logistika realizovana je kroz šesnaestu sednicu skupa, sa ukupno 10 radova. Ovom sednicom predsedavao je član organizacionog odbora pukovnik prof. dr Vasilije Mišković, zastupnik načelnika Uprave za sistem logistike.

Osma sekcija Sistem kvaliteta, standardizacija, kodifikacija i metrologija realizovana je kroz dve sednice sa ukupno 15 radova. Prvom sednicom ove sekcije, a ukupno sedamnaestom po redu sa sedam izloženih radova, predsedavao je član programskog odbora pukovnik do-

cent dr Branislav Jakić, iz Uprave za odbrambene tehnologije. Na osamnaestoj sednici izloženo je osam radova, a predsedavao je član programskog odbora pukovnik dr Vitomir Miladinović, dipl. inž.

Deveta sekcija Inovativnost, novi materijali, tehnologije i zaštita realizovana je kroz tri sednice sa ukupno 26 radova. Prvom sednicom ove sekcije, a ukupno devetnaestom po redu na skupu, sa devet izloženih radova, predsedavao je potpredsednik programskog odbora skupa, naučni savetnik pukovnik dr Dušan Rajić. Na dvadesetoj sednici izlagano je sedam radova, a predsedavao je dr Zoran Anastasijević. Predsedavajući dvadeset prve sednice, a treće iz ove sekcije, sa deset izloženih radova, bio je prof. dr Endre Romhanji.

Deseta sekcija Medicina u funkciji odbrane realizovana je kroz dvadeset drugu sednicu skupa, sa ukupno 11 radova. Ovom sednicom predsedavao je pukovnik prof. dr Predrag Romić. Tematika iz medicinskih nauka po prvi put je uvedena na ovogodišnjem OTEH-u.

Što se tiče strukture autora, od ukupno 187 radova, zaposleni u Vojnotehničkom institutu napisali su 84 samostalna rada. Šesnaest radova zajednički su napisali autori iz VTI, civilnih institucija i Vojske Srbije, a 79 ostalih radova civili ili lica iz sastava VS van VTI.

Petog oktobra u Centralnom klubu VS na Topčideru održan je okrugli sto na temu Odbrambene tehnologije Srbije u procesu tranzicije, a zatim i kratka analiza skupa na kojoj su učesnici sabrali i izneli svoje utiske sa skupa.

Okrugli sto Odbrambene tehnologije Srbije u procesu tranzicije otvorio je pukovnik prof. dr Mladen Pantić, pozdra-

vljavajući prisutne: pukovnika dr Danka Jovanovića, zastupnika načelnika Uprave za odbrambene tehnologije, zatim predstavnike Vlade Republike Srbije, komandante i starešine iz jedinica i ustanova Vojske Srbije, predstavnike SANU, predstavnike fakulteta i instituta, predstavnike SO Čukarica, direktore i predstavnike namenske industrije, te autore radova i ostale goste. Pukovnik Pantić posebno je pozdravio i zahvalio se na doprinosu dr Amadeusu Votkinsu, naučniku iz Velike Britanije, koji je ovih dana bio gost katedre vojnog mašinstva Mašinskog fakulteta u Beogradu. U članove radnog predsedništva izabrani su docent dr Branislav Jakić, prof. dr Mirjana Ivanović, pukovnik dr Novak Vukčević i pukovnik prof. dr Mladen Pantić.

Direktor VTI-a, pukovnik prof. dr Mladen Pantić, u nastavku je izložio pregled značajnijih projekata instituta u 2007. godini, uz procenu stepena realizacije i završetka radova. Od značajnijih projekata izdvojio je razvoj, usavršavanje i modernizaciju: tempirnog elektronskog upaljača protivoklopnog raketnog sistema BUMBAR, protivoklopnog raketnog sistema MALJUTKA 2, raketnog sistema ORKAN 262 mm, raketnog sistema PLAMEN 128 mm, terenskog automobila FAP 1118, tenkovskog motora V46-TK, podsistema za zaštitu tenkova, kompleta strelišne opreme, sistema za zvukometrijsko izviđanje, merača koordinata letelice, aviona za početnu obuku LA-STA 95, aviona G-4, bespilotne letelice, laserski vođene bombe. Takođe, istakao je projekat fizička polja plovniha objekata i projektovanje, izradu i ispitivanje modela rakete u aerotunelu za tzv. treća lica (naručioce iz inostranstva). Direktor Pan-

tić je naglasio da je cilj svih pripadnika VTI da institut postane zaštitni znak – brend odbrambenih tehnologija Srbije, baš kao što je to Vojna akademija u oblasti školstva ili Vojnomedicinska akademija u oblasti medicine.

Nakon toga, usledila je diskusija u kojoj je uzelo učešće nekoliko eminentnih učesnika skupa, sa zapaženim i nadahnutim izlaganjima. Pukovnik dr Jugoslav Radulović, direktor TRZ Kragujevac, govorio je o potrebi stvaranja podloga za lakšu implementaciju prikazanih radova sa OTEH-a 2007, odnosno o potrebi da se organizacija sistema odbrane postavi tako da daje maksimalnu efikasnost. Takođe, istakao je da je TRZ Kragujevac na putu da sistem poslovanja prilagodi međunarodnim standardima, radi postizanja najboljih rezultata u ekonomičnosti i efikasnosti. U tom smislu, po njegovim rečima, veoma je važno konkurisati za „poslovnu izvrsnost“ na nivou države Srbije, radi dokazivanja društvene korisnosti zavoda. Istakao je značaj ovog pitanja i za vojsku u celini, jer su ti problemi prepoznati i na globalnom nivou, gde bismo mogli tražiti uzore. Naveo je primere i iskustva reformisanja vojske u SAD, kod kojih je zacrtan strateški cilj da se, uz primarno očuvanje bezbednosti, omogući namenskoj industriji i vojnim zavodima da mogu živeti samostalno i od svog rada, dajući i tako značajan doprinos svojoj zemlji. Sa druge strane, koncept u Rusiji takođe ide u smeru primene dvojnih komponenti u namenskoj industriji: civilno-komercijalnih i isključivo vojnih. Sličan koncept primenjen je i u zemljama EU. Pukovnik Radulović zaključio je da i naši rezultati i znanje treba da doprinesu razvoju bogate organizacije u bogatom društvu.

Pukovnik mr Milenko Stupar, direktor VZ „Moma Stanojlović“, govorio je o metalском kompleksu uopšte, te o današnjem mestu i vodećoj ulozi VZ „Moma Stanojlović“. Naglasio je značaj zavoda i njegovu osposobljenost, koji je uočila i podržala i Vlada Republike Srbije, kroz uložena sredstva iz Nacionalnog investicionog plana, radi remonta aviona MiG 29. U nastavku je analizirao tehnološke procese po pogonima i istakao razvojni i remontni asortiman zavoda (avioni, helikopteri, motori, rakete – praktično sva sredstva u vazduhoplovstvu). Vazduhoplovni zavod „Moma Stanojlović“ pruža podršku primenom različitih tehnologija, uz sopstvenu proizvodnju rezervnih delova. Zavod danas održava postojeće tehnologije uz težnju da se održe i prošire postojeći kapaciteti, radi usvajanja, osavremenjivanja i uvođenja novih modernih tehnologija. Pukovnik Stupar analizirao je varijante transformacije, pri čemu je apostrofirao prednosti i nedostatke „zavoda – ustanove na budžetu“ i „zavoda – ustanove kao privrednog društva“. Pri tome se posebno osvrnuo na prateće rizike. U zaključku je istakao opšti interes i predložio da se VZ Batajnica u procesu transformacije konstituiše kao ustanova na budžetu u organizaciji Uprave za odbrambene tehnologije.

Sledeći učesnik diskusije bio je general u penziji prof. dr Spasoje Mučiba-bić. U svom izlaganju osvrnuo se na lokaciju odbrambenih tehnologija u odnosu na menadžment u odbrani, na njegovu efikasnost i značaj za borbena dejstva. S tim u vezi definisao je menadžment u odbrani i dao njegovu klasifikaciju.

Pukovnik dr Novak Vukčević, pomoćnik direktora TOC-a, u svom radu pod

nazivom „Kvalitet odbrambenih tehnologija u tranziciji“ istakao je značaj novousvojenih zakona na nivou Republike Srbije i važnost usaglašavanja tih zakona u Vojski Srbije. S tim u vezi predložio je da se izradi nova infrastruktura kvaliteta u VS.

Pukovnik prof. dr Vasilije Mišković, zastupnik načelnika Uprave za sistem logistike, na početku svoje diskusije osvrnuo se na OTEH 2007 i kvalitet radova na ovogodišnjem skupu. Pohvalio je organizaciju skupa i ukazao na napredak u odnosu na prethodni OTEH 2005. Istakao je brojne radove i založio se za njihovu realizaciju. Pozvao je sve predsedavajuće sekcija da se založe za tu inicijativu kako bi se „ostavio trag“ i još jednom pohvalio radove i projekte.

Pukovnik u penziji Anastas Paligorić, dugogodišnji radnik VTI i sadašnji saradnik u Jugoimportu SDPR, ukazao je na misiju i cilj odbrambenih tehnologija. Po njegovim rečima, odbrambene tehnologije predstavljaju proizvod čiju krunu predstavlja profit. Podsetio je na uspešan period od 1975. do 1990. godine, nakon što je 1974. godine bio donet strateški plan razvoja. Tada je napravljen promet od 16 milijardi USD. Inženjer Paligorić podsetio je da je krajem sedamdesetih godina po istraživaču ulagano 20 000 USD, da bi taj iznos krajem osamdesetih godina pao na 10 000 USD, što je bilo u direktnoj vezi sa padom profita. Založio se, prvenstveno, za razvoj, a ne samo proizvodnju, i to uz tržišnu utakmicu. Naveo je primer ruskih odbrambenih tehnologija u pogledu uspešne orijentacije na tržišno poslovanje i istakao da su „proizvodi u odbrambenoj tehnologiji najprofitabilniji“.

Potpukovnik mr Zoran Rajić iz Uprave za odbrambene tehnologije obrazložio je napore koje trenutno ulažu Vlada RS i MO, kao i planove radi poboljšanja celokupnog stanja u odbrambenoj industriji. U skladu s tim obrazovan je fond za odbrambenu industriju radi omogućavanja povoljne perspektive za izvoznu orijentaciju preduzeća. Takođe, sačinice se strategija odbrambene industrije zbog čega je već formiran Savet odbrambene industrije. Naglasio je neophodnost i preku potrebu da država pruži odgovarajuću pomoć.

Tomislav Bjelogrić, direktor fabrike Utva iz Pančeva, istakao je probleme vazduhoplovnog kompleksa uopšte, a posebno teškoće u vezi s transformacijom fabrike Utva. Naglasio je da treba da izgrađujemo svest o tome da su odbrambene tehnologije prvenstveno proizvodnja novog, a ne samo remont. Takođe, podvukao je da je potrebno povesti računa da se privatizacija preduzeća iz odbrambene industrije obavi na adekvatan način.

Pukovnik docent dr Branislav Jakić iz Uprave za odbrambene tehnologije govorio je o infrastrukturi kvaliteta i njenoj upravnoj i izvršnoj funkciji. Naglasio je da je pred nama primena 8500 novih standarda nakon pristupanja programu Partnerstvo za mir. Posebno je istakao nove izazove koji nas očekuju u vezi sa zagađenošću životne sredine i opasnošću od prljavih tehnologija. Inače, kao predstavnik Ministarstva odbrane pukovnik Jakić prisustvuje sastancima Vladine kancelarije za pridruživanje EU.

Na kraju okruglog stola pukovnik dr Mladen Pantić pozvao je sekretarijat

OTEH-a da sačini materijale, donese zaključke i dostavi ih učesnicima. Usledila je analiza skupa, pri čemu je istaknuto da je od ukupno 179 radova prezentovano 168. Naglašeno je da su skupu prisustvovali i polaznici ŠNO i GŠ usavršavanja.

Profesor dr Dragoljub Vujić iz VTI je, kao član sekretarijata OTEH-a, izneo zaključke skupa:

- većina radova predstavlja dobru osnovu za realizaciju projekata iz oblasti odbrambenih tehnologija,

- potrebno je poboljšati i intenzivirati saradnju svih subjekata u oblasti odbrambene industrije Srbije,

- sledeći naučno-stručni skup OTEH 2009 treba da poprими međunarodni karakter,

- organizacija naučno-stručnog skupa OTEH treba da bude u nadležnosti Uprave za odbrambene tehnologije.

Nakon analize, a povodom II naučno-stručnog skupa OTEH 2007, direktor VTI-a pukovnik dr Mladen Pantić dodelio je priznanja Vojnotehničkog instituta. Za izuzetan doprinos u realizaciji naučnoistraživačkih zadataka dodeljena je Plaketa Arhimed: Vojnoj akademiji, Vojnomedicinskoj akademiji, Upravi za odbrambene tehnologije MO i Sektoru za materijalne resurse MO. Kao izraz zahvalnosti i priznanja za doprinos u organizaciji OTEH-a dodeljena je Plaketa sa

znakom VTI: Skupštini opštine Čukarica, Vojnograđevinskom institutu i Jugoimportu SDPR. Plaketa sa znakom VTI dodeljena je i studentu Vojne akademije, starijem vodniku Marinku Smiljaniću, kao najmlađem autoru na naučno-stručnom skupu OTEH 2007.

Zatvarajući II naučno-stručni skup OTEH 2007 pukovnik dr Danko Jovanović podržao je napore za pretvaranje uspešnih radova u realne projekte i njihov ulazak u praksu, u skladu sa stvarnim potrebama Vojske Srbije. Istakao je obavezno da se na sledećem OTEH-u saopšti za koje su se projekte stekli takvi uslovi. U vezi sa problemima i stanjem odbrambene industrije u okviru reorganizacije, pukovnik Jovanović izneo je stav da nije problem vlasničke transformacije ako je ona realna i stabilna, jer će u tom slučaju i država Srbija moći realno finansirati razne projekte. U tom smislu, važno je donošenje državne zakonske regulative, odnosno donošenje strateškog plana državnih tehnologija, a zatim i strateškog plana odbrambenih tehnologija, kao dela državnih tehnologija. Pukovnik Jovanović naglasio je i aktuelnost problema viškova, koji se, takođe, rešava i razvojem novih tehnologija. Zaključio je da „odbrambene tehnologije teku u celom životnom ciklusu, od proizvodnje, preko remonta, do rashodovanja“.

**Vanredni profesor
dr Vlado Đurković**
dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

NAUČNO-STRUČNI SKUP SYM-OP-IS 2007 – XXXIV SIMPOZIJUM O OPERACIONIM ISTRAŽIVANJIMA

– prikaz naučno-stručnog skupa –

SYM-OP-IS predstavlja nacionalnu konferenciju sa međunarodnim učešćem koja, počevši od 1974. godine, jednom godišnje okuplja operacione istraživače, kako teoretičare, tako i stručnjake iz prakse, sa ciljem da se razmene naučne i stručne informacije, prenesu iskustva i saopšte novi rezultati postignuti u razvoju i primeni metoda operacionih istraživanja u najrazličitijim oblastima ljudske delatnosti.

U toku svog kontinuiranog održavanja u trajanju od 33 godine na SYM-OP-IS-u je učestvovalo preko 9000 stručnjaka, a u njegovim zbornicima radova, štampanim pre početka rada svakog simpozijuma, objavljen je impozantan broj od preko 5640 radova sa ukupno preko 6000 autora. Ove godine je za SYM-OP-IS 2007, posle stručne recenzije, odabrano 178 radova, uz učešće 332 autora iz 13 zemalja. Radovi su razvrstani u 30 standardnih sekcija simpozijuma.

Dok su prvi SYM-OP-IS organizovale samo dve institucije (Institut „Mihajlo Pupin“ i Ekonomski institut), danas u njegovoj organizaciji učestvuje ukupno 11 (6 fakulteta, 3 naučna instituta, Vojna akademija i Društvo operacionih istraživača Srbije), pri čemu svake godine jedna od njih preuzima ulogu glavnog koordinatora organizacije. Ove godine to je

Fakultet organizacionih nauka iz Beograda, jedan od dugogodišnjih, već tradicionalnih organizatora SYM-OP-IS-a, koji se prvim organizatorima pridružio 1975. godine. Naravno, glavnom koordinatorskom SYM-OP-IS-a 2007 su, kao i ranijih godina, znatno pomogli i ostali organizatori, a posebno članovi Programskog odbora, doprinoseći svojim aktivnostima stručnom i naučnom kvalitetu simpozijuma. Tehničku pripremu, štampanje Zbornika i pratećih materijala pomogli su rukovodstvo Fakulteta organizacionih nauka, a finansijski i Ministarstvo nauke i životne sredine Srbije.

Skoro istovremeno se od 14. do 17. septembra 2007. i na istom mestu održavala još jedna značajna međunarodna konferencija – Balkan Conference on operational Research BALKOR 2007, i to prvi put u našoj zemlji, a glavni organizator je, takođe, Fakultet organizacionih nauka iz Beograda. Interesantno je da je na formiranje ove konferencije, prvi put održane 1988, izuzetno značajno uticao baš SYM-OP-IS kao vodeća nacionalna konferencija iz operacionih istraživanja na Balkanu. S obzirom na to da su se SYM-OP-IS 2007 i BALKOR 2007 delimično i vremenski poklapali, to je bila prilika da njihovi učesnici razmene svoja znanja i iskustva i još više učvrste

srdačne kolegijalne odnose koji tradicionalno već godinama vladaju među operacionim istraživačima Balkana.

Pre održavanja samog skupa, kako je to već ustaljena praksa, štampan je zbornik radova na 750 stranica, čiji su editori prof. dr Mirjana Čangalović i prof. dr Milija Suknović sa Fakulteta organizacionih nauka, a predsednik Programskog odbora bila je prof. dr Mirjana Čangalović, profesor Fakulteta organizacionih nauka u Beogradu.

Programske oblasti bile su: ekologija, ekonomski modeli i ekonometrija, ekspertni sistemi – podrška odlučivanju, elektronsko poslovanje, energetika, finansije i bankarstvo, geoinformacioni sistem (GIS), građevinarstvo, grafovi i mreže, informacioni sistemi, istraživanje i razvoj, kombinatorna optimizacija logistika, masovno opsluživanje, matematičko modeliranje, matematičko programiranje, meko računarstvo (soft computing), menadžment, poljoprivreda i šumarstvo, pouzdanost i održavanje, predviđanje i planiranje, primene u odbrani, rudarstvo i geologija, simulacija, softver za operaciona istraživanja, statistički modeli, stohastički modeli i vremenske serije, traganje kroz podatke (data mining), transport i saobraćaj, upravljanje proizvodnjom i zalihama, upravljanje rizikom i višekriterijumska analiza i optimizacija.

Sve ove programske oblasti svrstane su po srodnosti u 14 sekcija i održane u četiri sale, od 16. do 19. septembra 2007. godine, u hotelima Čigota, Srbija i Lovćen, na Zlatiboru.

Održano je četiri predavanja po pozivu. To su:

– dr Said Salhai, University of Kent, UK, „Heuristic search: an overview“,

– dr Juan-José Salazar-González, Universidad de La Laguna, Tenerife, „Pickup-and-delivery travelling salesman problems“,

– dr Vangelis Th Paschos, LAMSA-DE, CNRS and University Paris-Dauphine, „Polynomial approximation of NP-hard problems: a survey“ i

– dr Roman Jakubow, Jefferson Institute, USA, „Operational research in NATO“.

Takođe, ovaj naučno-stručni skup tretira istraživanja i razvoj novih proizvoda, razvoj novih konstrukcijskih rešenja mašinskih sistema i njihovih komponentata proisteklih od rešavanja problema u vojnim primenama.

Od 174 rada u zborniku, 34 rada, odnosno 19,54% predstavljaju rezultate istraživanja pripadnika Vojne akademije (VA), Ministarstva odbrane (MO), Vojnog geografskog instituta (VGI), Tehničkog opitnog centra (TOC) koji su bili razvrstani u 10 sekcija: primene u odbrani, ekologija, finansije i bankarstvo, građevinarstvo, geoinformacioni sistemi (GIS), informacioni sistemi, logistika, matematičko modeliranje, transport i saobraćaj i višekriterijumska analiza i optimizacija.

Od pripadnika Vojske 12 radova prezentovali su autori iz VA i 15 autora iz MO, dok su ostali bili zajednički. To ukazuje na aktivnost VA kao obrazovno-naučne ustanove Vojske Srbije, ali i na značaj koji njeni istraživači poklanjaju naučno-istraživačkom radu. Većina radova predstavlja rezultat timskog rada autora iz iste ili različitih institucija, pretežno VA, MO i VGI, a ima i više autora sa po dva rada.

Ukratko će biti izložen pregled naziva radova pripadnika Vojske Srbije po

sekcijama, prema redosledu u zborniku radova. Koautori nekih radova su i pripadnici fakulteta ili drugih institucija van Vojske i MO.

PRIMENE U ODBRANI, sekcija A

1. Miloš Arsić (VA), Nenad Ivančević (VA), *Upravljanje materijalnim resursima u sistemu logističke podrške*,

2. Obrad Čabarkapa (Uprava za strategijsko planiranje, MO), *Faktorska analiza uticaja početne mase barutnog zrna na model dvofaznog strujanja*,

3. Saša Devetak (VA), Dragan Đorđević (VA), *Analiza efektivnosti radio komunikacionih centara funkcionalnog telekomunikacionog sistema*,

4. Željko Gajić (MO), *Dugoročno planiranje – uticaj troškova ljudskih resursa na ostale troškove odbrane*,

5. Stefan Janković (Vazduhoplovni zavod „Moma Stanojlović“, Batajnica), Vlado Đurković (VA), Jovo Dautović (TOC), *Endoskopska dijagnostika metoda tehničke dijagnostike pogonskih grupa*,

6. Dragutin Jovanović (MO RS, Uprava za školstvo), *Istraživanje bezbednosti saobraćaja na putnim prelazima primenom Iškava dijagrama*,

7. Aleksandar Kari (VA), Momčilo Milinović (Mašinski fakultet Beograd), *Potrebe modeliranja borbene žilavosti primenom unifikacije dinamičkih borbenih opterećenja*,

8. Samed Karović (VA), Tugomir Kokelj (VA), *Vrednovanje savremenih tehnologija artiljerijskih jedinica vatrene podrške primenom analitičkog hijerarhijskog procesa*.

PRIMENE U ODBRANI, sekcija B

9. Mitar Kovač (MO), *Proces strategijskog planiranja i razvoja sistema odbrane*,

10. Aleksandar Majstorović (VA), Milovan Andrić (MO), *Proces planiranja kao integralni deo sistema planiranja, programiranja i budžetiranja*,

11. Srđan Milenković (Institut za strategijsko istraživanje, MO), Saša Veselinović (Uprava za organizaciju, MO), *Principi projektovanja vojnih organizacionih sistema*,

12. Spasoje Mučibabić (VA), Ivan Petrović (VA), *Primena metoda operacionih istraživanja u planiranju angažovanja raketnih jedinica PVO u savremenim borbenim uslovima*,

13. Goran Nenadović (MO), Božidar Gojković (MO), Đuro Alfirević (MO), *Primena elektronskog obrazovanja u Ministarstvu odbrane*,

14. Sreten Perić (VA), Zoran Pešić (VA), *Mogućnost primene tribometrijskih ispitivanja u dijagnostici sklopova transmisija motornih vozila*,

15. Brankica Potkonjak-Lukić (Uprava za strategijsko planiranje, MO), *Savremeni pristup odlučivanju u procesu komandovanja i kontrole – Petlja OODA*,

16. Dušan Regodić (VA), Vladislav Obrenović (VA), *Upravljanje ljudskim resursima u Vojnoj akademiji*,

17. Dejan Stojković (MO), Ljupča Stojanović (MUP), *Model dugoročnog odbrambenog planiranja*,

18. Ivan Vulić (Vojska Srbije), *Arhitektura inteligentnih mobilnih klijenata mobilnih geografskih informacionih sistema*.

FINANSIJE I BANKARSTVO

19. Božidar Gojković (MO), Saša Stefanović (MO), Goran Nenadović (MO), *Aktivne strategije Portfolio menadžmenta na tržištu obveznica*,

20. Mirjana Jovanović (Fakultet organizacionih nauka Beograd), Dejan Mi-

lenković (Vojska Srbije), *Strane direktne investicije u Srbiji*,

21. Miroslav Stanić (MO, Uprava za strateško planiranje), *Analiza odnosa između privrede i izdvajanja za odbranu Republike Srbije*.

EKOLOGIJA

22. Nebojša Gligorijević (MO, Vojni odsek Užice), Goran Antonijević (MO, Vojni odsek Užice), Goran Rakić (MO Crne Gore), *Organizaciona ponašanja u upravljanju kvalitetom zaštite životne sredine*,

23. Dragoljub Sekulović (VA), *Odnos promena ekologije i privrede*.

GRAĐEVINARSTVO

24. Olgica Lazarević (VA), *Aktivna odbrana od velikih voda*.

GEOINFORMACIONI SISTEMI (GIS)

25. Mirko Borisov (VGI), Radoje Banković (VGI), *Produkcija karata primenom ARCGIS tehnologije*,

26. Saša Stanković (VGI), *Višekriterijumski izbor aviona za aerofotogrametrijsko snimanje za vojne potrebe*,

27. Slaviša Tatomirović (VGI), Saša Stanković (VGI), *Razvoj modela izrade i održavanja digitalne topografske karte 1:25 000*.

INFORMACIONI SISTEMI

28. Nenad Dimitrijević (MO), Ljiljana Stanojević (Megatrend Univerzitet, Beograd), Alempije Veljović (Tehnički fakultet, Čačak), *Integrirani prikaz podataka korišćenjem jedinstvenog modela*,

29. Miodrag Sekulić (Uprava za strateško planiranje, MO), *Informacioni sistemi naučnoistraživačke delatnosti u MO Republike Srbije – metodologija modelovanja inovativne delatnosti*.

LOGISTIKA

30. Marko Andrejić (VA), Marjan Milenković (VA), *Povezanost logistike i menadžmenta u odbrani*.

MATEMATIČKO MODELIRANJE

31. Nikola Pekić (MO), *Analiza promena manevarskih osobina aviona pri otklonu vektora potiska rotora*.

TRANSPORT I SAOBRAĆAJ

32. Srđan Ljubojević (VA), Srđan Dimić (VA), Boban Đorović (VA), *Primena lokacijskih modela u rešavanju zadataka transportne podrške*.

VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA I OPTIMIZACIJA

33. Nikolić Nebojša (Uprava za strateško planiranje, MO), *Multiplikativna funkcija korisnosti u rangiranju u procesu smanjivanja kadrova*,

34. Goran Sekulić (Uprava za strateško planiranje, MO), Miodrag Sekulić (Uprava za strateško planiranje, MO), *Upotreba metoda ravnomerne razmene u izboru bespilotne letelice*.

Kao i prethodnih godina, učešće pripadnika MO i Vojske Srbije na ovom, za MO i Vojsku veoma značajnom skupu, potpuno je opravdalo očekivanja. Pored saopštavanja rezultata istraživanja, vođena je plodna diskusija u kojoj su sagledani problemi, razmenjena mišljenja i iskustva i razmatrana mogućnost rešenja iznetih problema.

Ponovo se potvrdilo da izlaganje radova na ovakvim i sličnim skupovima, kako međusobno, tako i sa naučnim radnicima iz drugih naučnih i obrazovnih institucija svakako ima i imaće pozitivan uticaj na naučni i stručni nivo rada u našoj vojsci, na stručno i naučno usavršavanje nastavnika i podizanje kvaliteta na-

stave na osnovnim i poslediplomskim studijama u Vojnoj akademiji. Takođe, uočeno je veće učešće mladih istraživača, pa i studenata Vojne akademije na ovom simpozijumu.

Može se zaključiti da saradnja pripadnika Vojske i MO sa pripadnicima drugih institucija u rešavanju problema

metodama operacionih istraživanja i naučno-tehničkim pristupom potvrđuje otvorenost Vojske za angažovanje drugih lica i institucija na rešavanju problema u oblasti odbrane, ali i spremnost i sposobnost pripadnika sistema odbrane da se angažuju na rešavanju problema u civilnim institucijama.

Asistent mr Sreten Perić,
major, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

SERBIATRIB 2007 – MEĐUNARODNA KONFERENCIJA O TRIBOLOGIJI

– prikaz naučno-stručnog skupa –

U organizaciji Jugoslovenskog društva za tribologiju, od 19. do 21. 6. 2007. godine, u Kragujevcu je održana međunarodna konferencija o tribologiji pod nazivom SERBIATRIB 2007.

Izvršni organizator bio je Mašinski fakultet u Kragujevcu, a pokrovitelj Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije. Po već ustaljenoj praksi štampan je zbornik radova na 310 stranica, čiji je redaktor prof. dr Miroslav Babić, profesor na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu, a predsednik Programskog odbora bio je dr Branko Ivković, nekadašnji profesor na Mašinskom fakultetu u Kragujevcu.

U predgovoru zbornika konstatovano je da su tribološki procesi trenja, habanja i podmazivanja redovna i neizbežna pojava. Trenje se javlja kao sveprisutan otpor kod svih vrsta relativnog kretanja elemenata u kontaktu. Istovremeno je i uslov i ograničenje. Proces prenošenja mehaničkih opterećenja između kontaktnih površina, na kojima se zasniva funkcionisanje celokupnog spektra mašinskih sistema, bili bi nemogući bez trenja. Međutim, trenje i prateća pojava habanja, kao osnovni procesi rasipanja materijala i energije uzrok su čitavog niza direktnih i indirektnih gubitaka. Mazivo kao sredstvo podmazivanja oduvek je bilo osnov-

no oružje u borbi za smanjivanje procesa trenja i habanja. Tribologija najčešće objašnjava uzrok otkaza i istovremeno daje predlog rešenja za probleme održavanja. To znači da se primenom teorijskih znanja iz tribologije mogu postići značajne uštede u oblasti održavanja.

Međunarodna konferencija o tribologiji SERBIATRIB 2007 ima višegodišnju tradiciju na prostorima bivše Jugoslavije i redovno se održava, uprkos činjenici da postoje mnoge otežavajuće okolnosti i nedaće koje su pratile njenu organizaciju i održavanje. Ipak, okupljen je veliki broj naučnih i stručnih kadrova iz oblasti tribologije. Predmet rada skupa bio je trenje, habanje i podmazivanje mašinskih sistema i razvoj konstrukcijskih rešenja komponenata mašinskih sistema, baziranih na tribološki ispravnom konstruisanju, kao novom zahtevu savremenog konstruisanja.

Radovi su bili razvrstani prema glavnim sadržajima u nekoliko grupa, odnosno oblasti. To su:

– područje kojim su obuhvaćeni radovi koji tretiraju problematiku *procesa trenja* koje prati svaku vrstu kretanja tela. Trenje (u različitim formama) jeste nužan proces, jer se jedino efektima frikcije mogu ostvariti pokretanje, kretanje, promena brzine ili zaustavljanje. Bez trenja realiza-

cija bilo kakvog kretanja nije moguća i to je opšta zakonitost u prirodi. S druge strane, u toku samog kretanja, kao posledica trenja, javlja se otpor koji mora da se savlada da bi se kretanje nastavilo, usled čega nastaju energetske gubitke;

– područje kojim su obuhvaćeni radovi koji tretiraju problematiku *procesa habanja*. Habanje materijala kontaktnih površina je proces koji uvek prati proces trenja, što produkuje dodatne troškove i smanjuje funkcionalnost njegovih elemenata. Visoke vrednosti sile trenja pri kretanju kontaktnih elemenata izazivaju intenzivno habanje i velika oštećenja površinskih slojeva. Radi adekvatnog rešavanja problema koji se tom prilikom javljaju nameće se zaključak da se u oba slučaja može postići odgovarajući cilj ako se poznaje fizička suština procesa i faktori koji utiču na taj proces. Takvim pristupom može se delovati na tribološke parametre i, na odgovarajući način, upravljati trenjem i habanjem;

– područje kojim su obuhvaćeni radovi koji tretiraju problematiku *procesa podmazivanja*. Primena maziva je neizbežan način za rešavanje triboloških problema kod većine osnovnih mašinskih elemenata, različitih mašinskih sistema, tehnoloških procesa obrade metala i „hi-tech“ uređaja. Ovako široka primena maziva posledica je značajne zavisnosti pouzdanosti rada i veka upotrebe pomenutih elemenata i sistema od efikasnosti podmazivanja njihovih pokretnih delova.

Pored navedenog, ova međunarodna konferencija tretira istraživanja i razvoj novih konstrukcijskih rešenja mašinskih sistema i njihovih komponenata, zasnovanih na tribološki ispravnom konstruisanju, kao novom zahtevu savremenog

konstruisanja. Tribološki ispravno konstruisanje značajan je pokazatelj kvaliteta konstruisanja i tehničkog nivoa proizvoda. Osnovne karakteristike ovakve konstrukcije su minimiziranje trenja i habanja do granice mogućeg, uz istovremeno povećanje nivoa pouzdanosti i produženja veka trajanja. Zahtevi su veoma složeni i često nekompatibilni sa osnovnim pokazateljima kvaliteta konstrukcije, ali su neophodni ukoliko želimo da približimo vek trajanja veku funkcionalnog stanja konstrukcije.

Tribološki ispravno konstruisanje je novi aspekt u sistemskom pristupu i metodološkoj razradi procesa konstruisanja. To je proces oplemenjivanja metodičkog konstruisanja i konstruisanja podržanog računarom. Koncept je zasnovan na primeni tribologije i triboloških znanja u procesu konstruisanja. U skladu s tim, održani SERBIATRIB 2007 predstavlja redovni dvogodišnji skup domaćih i inostranih istraživača u okviru koordiniranog i organizovanog programa razmene naučno-stručnih informacija iz oblasti mašinstva, tribologije i njoj srodnih disciplina u tehničkim i tehnološkim sistemima. Rangira se kao međunarodna konferencija.

Takođe, međunarodna konferencija je tretirala istraživanja i dalji razvoj monitoringa maziva, imajući u vidu zahteve industrije za povećanjem raspoloživosti i pouzdanosti mašinskih sistema, te brzi napredak servisne i dijagnostičke opreme. U skladu s tim, u novije vreme se u sisteme podmazivanja i hidraulične sisteme uvodi tzv. on-line monitoring (stalna kontrola) kvaliteta ulja. To je skup mernih postupaka kod kojih se

analizirani uzorak dovodi u merni uređaj direktno iz sistema. Kada se govori o on-line monitoringu, prvenstveno se misli na neprekidnu kontrolu količine čvrstih čestica, tj. razreda čistoće i sadržaja vode u ulju. Moguće je pratiti i promenu drugih parametara: viskoznosti, dielektrične konstante, itd. Sve promene stanja u sistemu moguće je odmah registrovati, tako da je korisnik pravovremeno obavešten o promenama i može sprečiti neželjene posledice. Pri kontroli stanja ulja u praksi je neophodno poštovati važeće tehničke standarde i merne metode iz područja dijagnostike stanja sistema za podmazivanje i hidrauličnih sistema. Dijagnostička i servisna oprema mora biti u skladu sa važećim standardima, proverena kako u laboratorijskim, tako i u terenskim uslovima, te prilagođena industrijskoj upotrebi. Navedena oprema najčešće je konstruisana za stalnu ugradnju u sisteme, tj. integrisana u funkcionalnost sistema. Izmerene vrednosti se vode na kontrolna mesta, gde se obrađuju i prikazuju. Data je mogućnost da se izvrši priključivanje na različite sisteme alarmiranja u slučaju prekoračenja zadatih graničnih vrednosti. Najveći deo mernih uređaja sadrži i upravljačke module, tako da se može upravljati delovanjem servisne opreme (npr. kod povećane kontaminacije ulja čvrstim česticama automatski se uključuje filterski agregat u by-passu i radi sve dok se ne postigne potreban razred čistoće).

U zborniku je objavljeno 48 radova (25 radova na engleskom i 23 rada na srpskom jeziku). U pisanju tih radova učestvovalo je 157 domaćih i inostranih autora iz 16 zemalja: Poljske, Grčke, Rumunije, Bugarske, Turske, Austrije, Be-

lorusije, Koreje, Rusije, Švajcarske, Hrvatske, Ukrajine, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Nemačke i Srbije. Radovi su podeljeni u jednu plenarnu sesiju sa pet uvodnih referata i tri sekcije: trenje, habanje i podmazivanje.

Na plenarnoj sesiji, kao što je napomenuto, izloženo je pet radova: *Simulacija tribomehaničkog sistema i tribometrije; PVD namaz pohabanog alata kod povećane brzine sečiva alata i srazmerno napajanje usaglašeno sa dodirnom rezultujućeg testa kod FEM simulacije; Fluorescentni senzor za karakterizaciju degradacije hidrauličnog ulja; Konceptija razvoja tribologije u Bugarskoj i Uticaj toplotnog tretmana na tribološko ponašanje Zn-Al legure*, autora iz Austrije, Grčke, Belorusije, Koreje, Bugarske i Srbije.

Od 48 radova u zborniku, jedan rad predstavlja rezultate istraživanja Ministarstva odbrane (MO) i Vojske Srbije. Rad pod nazivom *Eksploataciono ispitivanje menjačkog ulja sa aspekta dijagnostike stanja i održavanja tribomehaničkog sistema* svrstan je u sekciju podmazivanja, a njegovi autori su Sreten Perić i Zoran Pešić sa Vojne akademije i Bogdan Nedić sa Mašinskog fakulteta u Kragujevcu.

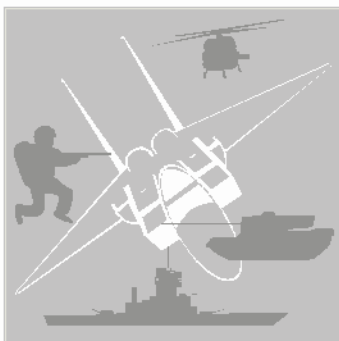
Učešće pripadnika MO i Vojske Srbije ostvaren je i ove godine na ovoj značajnoj konferenciji, kao i prethodnih godina. Uporedo sa saopštavanjem i prezentacijom rezultata istraživanja vođena je i plodna diskusija u kojoj su sveobuhvatno sagledani problemi, razmenjena mišljenja i iskustva, te razmatrane mogućnosti za rešenje postojećih problema.

Izlaganje radova na ovakvim i sličnim skupovima, kako međusobno, tako i

sa naučnim radnicima iz drugih naučnih i obrazovnih institucija pozitivno utiče na naučni i stručni nivo rada pripadnika u Vojsci, na podizanje kvaliteta nastave na osnovnim studijama u Vojnoj akademiji, kao i na stručno i naučno usavršavanje nastavnika.

Međunarodna konferencija SERBI-ATTRIB 2007 doprinela je nastavku plodonosne saradnje pripadnika Vojske i

MO sa pripadnicima drugih institucija u rešavanju problema naučno-tehničkim pristupom. To doprinosi i afirmiše otvorenost Vojske za angažovanje drugih lica i institucija za rešavanje problema vezanih za pitanja odbrane, kao i mogućnost, spremnost i sposobnost pripadnika Vojske za angažovanjem na rešavanju problema u civilnim institucijama i ustanovama.



savremeno naoružanje i vojna oprema

VIŠENAMENSKI BORBENI AVION INDIJE MiG-35*

Ruski proizvođač aviona MiG obelodanio je svoj MiG-35 u obliku koji je ponuđen kao višenamenski borbeni lovački avion za potrebe indijskog ratnog vazduhoplovstva, koji je na izložbi Aero India 2007 imao svoj debi. Kompanija je objavila opširne detalje o radaru, elektro-optičkom senzoru i drugim sistemima.



MiG-35 u letu na izložbi Aero India 2007

Trup aviona je od veoma poznatog MiG-29M2, ali je elektronska oprema sasvim nova i prikazana je po prvi put.

Projektni biro RPKB (Ramenski projektni i konstrukcioni biro) integrisao je sistem avioelektronike u sistem za upravljanje vatrom i navigacioni sistem.

Osnovni senzor za upravljanje vatrom na MiG-35 je radar Žuk-AE sa aktivnom elektronski skenirajućom antenom (AESA), koju je izradio Naučnoistraživački institut Fazotron iz Moskve. Model preliminarne varijante ovog radara bio je prikazan na izložbi MAKS 2005. Radar je imao antenu prečnika 700 mm, urađenu od 1088 predajno-prijemnih modula (272 paketa s 4 modula svaki), ali sa značajnom masom od 450 kg.

U novijem projektu, masa individualnih komponenata je smanjena, urađeni su izrezi na telu radara, a korišćena je i laka magnezijeva legura. Radi daljeg smanjenja mase do 220 kg, prečnik antene je skraćen na 575 mm, a broj modula sveden na 680 (170 paketa po četiri modula svaki).

Eksperimentalni radar Žuk-AE projektovan je 2006. godine i zatim ugrađen na MiG-35 koji je prikazan na izložbi Aero India 2007. Početna partija od 12 radara Žuk-AE planira se za proizvodnju u 2008. godini.

Početna faza radara Žuk-AE (ima i oznaku FGA29), koja je prikazana na Aero India, jeste modernizovana verzija mehanički skenirajućeg radara Žuk-ME, opremljenog novom antenom AESA. On koristi kompjuterski sistem Žuk-ME,

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, april 2007. godine

uključujući data-procesor, signal-procesor i softver, kao i vremenski generator.

Radar Žuk-AE/FGA29 može da se dobije i konverzijom radara Žuk-ME. Institut Fazotron nudi te zahvate za korisnike radara Žuk-ME zemljama kao što su Alžir, Eritreja, Indija i Jemen. Radar Žuk-AE/FGA29 je multifunkcionalni X-bend radar (dužina talasa 3 cm), koji može da prati i vrši zahvat ciljeva u vazдушnom prostoru, na kopnu i moru.



Elektrooptički nišan radara OLS-UEM iznad krova kabine pilota

U sadašnjem obliku radar ima domet pretraživanja 130 km protiv lovačkih aviona sa radarskim presekom od 5 m^2 . Može da prati 30 vazдушnih ciljeva i da vrši zahvat 6 jednovremeno.

Sledeća faza radara, oznake Žuk-AE/FGA29, biće namenjena za opremanje lovačkih aviona MiG-35. Oni će dobiti novi kompjuterski sistem i novi multifunkcionalni širokopojasni generator. Domet radara Žuk-AE/FGA29 biće 200 km (za ciljeve radarskog preseka 5 m^2), a moći će da prati 60 ciljeva i vrši zahvat 6 istovremeno. Sve radarske komponente projektuje i proizvodi Institut Fazotron,

izuzev predajno-prijemnih modula za koje je angažovao dve kompanije iz Tomska.

Jedan od zahteva tendera za višenamenski borbeni avion Indije bio je i transfer tehnologije za proizvodnju u Indiji, što je i prihvaćeno.

Od jednakog značaja za MiG-35 su njegove dve ugrađene elektrooptičke senzorske jedinice: sistem vazduh-vazduh OLS-UEM (optička lokatorska stanica) i sistem vazduh-zemlja OLS-K (kontejnerska). Obe jedinice razvio je Naučnoistraživački institut za precizne pribore (NII PP), koji se ranije specijalizovao za optičku i lasersku opremu za merenje putanje raketa za kosmičke stanice.

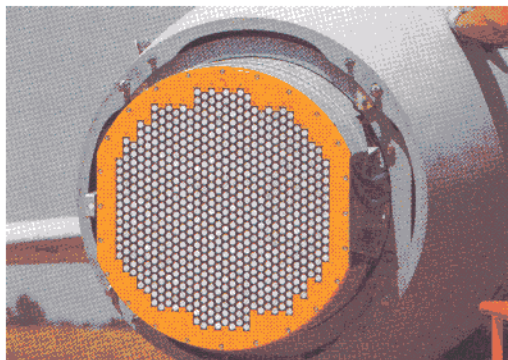
Infracrveni uređaj za pretraživanje i praćenje automatski otkriva i prati vazdušne i zemaljske ciljeve, te pokazuje pilotu sliku cilja radi prepoznavanja. Uređaj sadrži termokameru (320×256 piksela) i TV kameru (640×480 piksela). Optički kanal sa skenirajućim ogledalom je zajednički za obe kamere i zaštićen sa polusfernom prozirnom glavom od belog safira. Ogledalo snima vazdušni prostor po azimutu $\pm 90^\circ$ i po elevaciji $-15/+60^\circ$ (u odnosu na osu aviona). Ciljevi u vazдушnom prostoru mogu se otkriti na udaljenostima preko 45 km u repnoj poziciji ili 15 km u čelnoj poziciji.

Ugrađeni laserski daljinomer radi u dve talasne dužine: $1,57 \text{ }\mu\text{m}$ (bezbedno za oči) za trenaž i $1,06 \text{ }\mu\text{m}$ za borbenu upotrebu. On pokriva udaljenosti od 200 m do preko 20 km. Cela optičko-lokatorska stanica OLS-UEM ima masu 78 kg. Prototip radova OLS-UEM bio je ugrađen u eksperimentalni MiG-29M2, koji je modifikovan kasnije i ugrađen u prototip MiG-35 2006. godine. Slična, ali jednostavnija verzija OLS-UE ugrađena je u in-

dijske brodske avione MiG-29K. Sistem OLS-K koristio se za otkrivanje i praćenje površinskih ciljeva. Prema podacima iz instituta NII PP, radar OLS-K može da otkrije ciljeve veličine tenka sa udaljenosti 20 km ili motorni čamac sa 40 km, dok laserski daljinomer meri rastojanja preko 20 km. Optički kanal, koji je zajednički za IC senzor i TV kameru, ugrađen je ispod polusferne prozirne glave, slično kao kod OLS-UEM. Uređaj sadrži laserski daljinomer – pokazivač cilja i laserski tragač. OLS-K ugrađen je u kontejner dužine 1,98 m, mase 110 kg, a obešen je ispod desnog dovodnog trakta vazduha u motor.

Samozaštitna oprema na MiG-35 uključuje upravljanje uređajima za upozorenje (radar, optika laser), elektronsko ometanje i raspršivačima opiljaka-svetlosti. Taj potpuno automatski sistem lansira odbrambene mere i preporučuje izbegavajuće manevre. Najurgentnija upozorenja ponavljaju se i zvučnim signalom. Ova oprema još nije konačno specifikovana. Najverovatnije je da će prijemnik za radarsko upozorenje biti indijski uređaj Tarang Mk2, koji je standardni za indijske vazduhoplovne snage. Ruska opcija je uređaj L150 Pastel. Prijemnik za radarsko upozorenje ima tri antene, od kojih su dve ugrađene na krilima i pokrivaju prednju hemisferu, dok je treća repna i pokriva 90° po azimutu zadnje hemisfere. IC uređaj za otkrivanje napadajućih raketa SOAR (Stantsiya Obnaruzheniya Atakuyushchikh Rakety) razvio je institut NII PP. Uređaj ima dva senzora, jedan smešten ispod levog vazdušnog trakta motora kojim se osmatra niža hemisfera, dok je drugi smešten iza pilotske kabine i njime se osmatra gornja hemisfera. Uređaj SOAR može da otkrije

lansiranje preciznih PA raketa sa udaljenosti od 10 km, raketa vazduh-vazduh sa 30 km i velikih PA raketa sa udaljenosti od 50 km. Uređaj otkriva lanser rakete i pravac iz kojeg dolazi raketa.



Radar Žuk-AE/FGA29 s antenom AESA

Laserski uređaj upozorenja SOLO (Stantsiya Obnaruzheniya Lazernogo Oblucheniya), koji je, takođe, razvio institut NII PP, ima dva senzora smeštena na krilu i oni pokrivaju 360° po azimutu. Uređaj SOLO može da otkrije laserski daljinomer koji prati avion sa rastojanja od 30 km i da odredi njegovu ugaonu poziciju sa tačnošću od 0,5°. Operativni talasni opseg uređaja je između 1,06 i 1,57 μm , a masa 800 g.

Kompanija MiG i italijanska Electronica objavile su na avioizložbi u Bangalore da su kooperanti u integrisanju samozaštitnog omotača ELT/568 u samozaštitni sistem MiG-35. Uređaj ELT/568 pokriva sa svoje dve antene prednju hemisferu, a sa trećom zadnju hemisferu. MiG-35 imaće dva raspršivača svetlosti od 16 zrna kalibra 50 mm, koji su ugrađeni u repnom delu blizu motora.

M. K.

<<<◇>>>

TAKTIČKA BESPILOTNA LETELICA SKELDAR*

Kompanija Saab Aerosystems priprema svoju bespilotnu letelicu s rotirajućim krilima Skeldar V-150 za početak taktičkih ispitivanja u 2007. godini.

Demonstracija mogućnosti letelice Skeldar planira se u operativnoj zoni gde bi locirala i identifikovala ciljeve, povezala njihove položaje s komandnim centrom, uputila poziv za vatru i, na kraju, izvršila procenu učinka.

Probni letovi letelice Skeldar započeli su u maju 2006. godine, pri čemu se kompanija Saab usmerila na pripremu letelice za nerestriktivne operacije u kontrolisanom civilnom vazдушnom prostoru, jer letelica mora da bude sposobna da leti i kroz slobodan civilni vazdušni prostor bez obzira da li je na vojnom ili civilnom zadatku.

Skeldar je projektovan prvenstveno za zadatke na kopnu. To uključuje brojne vojne operacije, ali i policijske i paramilitarne zadatke, kao i komercijalne, poput kontrole cevovoda i dalekovoda.



Taktička bespilotna letelica Skeldar na probnom letu

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 28. februar 2007.

Kompanija Saab vrši pripreme za ispunjavanje zahteva evropskih momarica za ovom letelicom, pri čemu bi trebalo da bude osposobljena i za spuštanje na brodske platforme na moru. Skeldar sada leti sa elektrooptičkim senzorskim sistemom PolyTech Cobalt 275. Opremljen komercijalnim standardnim datalinkom, Skeldar je demonstrirao dolet do 100 km. U suštini, dolet bespilotne letelice i performanse ograničeni su samo na uslove datalinka.

Autonomija leta Skeldara je između 4 i 6 časova. Postojeći dvotaktni motor od 40,5 kW može da se zameni alternativnim na teška goriva, čime bi se poboljšao dolet i brzina.

Kompanija Saab namerava da doda nekoliko novih sistemskih rešenja, uz osnovnu opremu sa elektrooptičkim/IC senzorima. Jedno od njih je minijaturni radar sa sintetizovanim otvorom Selex PicoSAR. Razmatraju se i mogućnosti adaptacije za komplet elektronske opreme za osmatranje Saab Aviatronics ESP, koja je optimizirana za upotrebu protiv zemaljskih radarskih odašiljača, ali se može proširiti i na bilo koji emitujući sistem, čak i za detekciju telefona.

M. K.

<<<<>>>>

DRUGA GENERACIJA BESPILOTNIH LETELICA GLOBAL HAWK*

Prva bespilotna letelica „velikih krila“ RQ-4 Block 20 Global Hawk izvršila je svoj probni let 1. marta kada je preletela Kaliforniju. To je bio prvi projekat druge generacije letelica Global Hawk

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, april 2007.

koji je ponuđen i za SAD (program obalskog osmatranja) i za Nemačku (projekat EuroHawk) a znatno se razlikuje od prethodnog modela RQ-4A.

Uočljiva razlika između modela Blok 20 i modela prethodne letelice je u povećanom rasponu krila na 39,9 m (ranije 35,41 m) i proširenom trupu, tako da joj je sada ukupna dužina približno 14,5 m.

Druge promene uključuju uvođenje dva generatora (glavnog od 27 kW i pomoćnog od 10 kW), povećanje korisne nosivosti sa 907 kg na 1361 kg i novi pogonski motor turbodžet AE3700H. Paket elektronike treba da bude sličan prethodnom.

Prema izvorima iz kompanije Northrop Grumman, model Blok 20 ima dolet 22 780 km, plafon leta nešto niži od 18 228 m (60 000 ft), brzinu krstarenja 574 km/h i boravak u vazduhu od 24 do 36 časova.

Namenjena da zameni dosadašnju nemačku mornaričku obaveštajnu letelicu Breguet Atlantic Signit, nova osnovna letelica EuroHawk koristiće integrisani SIGNIT sistem (ISIS) koji je razvila kompanija EADS. Tu se podrazumeva antena ELINT ugrađena u nosu letelice (electronic intelligence), koja pokriva prostor od 200° po azimutu, zatim prednje odeljenje avionike u koje je smešten inercioni navigacioni sistem, ELINT podsistem i interfejs jedinica „front“, zatim levi i desni bočni sklopovi antena ELINT, te zadnji sklop avionike sa komunikacijskim obaveštajnim podsistemima (COMINT). Sistem ISIS uključuje COMINT i ELINT mogućnosti i zemaljski element za proračun i analizu koji može da pokriva frekventne opsege od 30 kHz do približno 30 GHz i omogućava paralelno korišćenje uskopojasnih i širokopojasnih prijemnika.



Bespilotna letelica RQ-4 Blok 20 Global Hawk

Arhitektura sistema omogućava automatsku analizu i klasifikaciju signala i koristi koncept s visokim stepenom automatizacije. Sistem uključuje displej sa prikazom situacije u realnom vremenu, COMINT/ELINT rezultate korekcije, interfejs za integraciju sistema u „mrežu okoline povećanih mogućnosti“ i „pune“ zemaljske podrške za planiranje zadataka prevoženja, generisanje poruka pre leta, sistem osmatranja i procene podataka posle leta.

Kompanija EADS predlaže letelicu EuroHawk i kao radarsku platformu za pokretne ciljeve na bazi panevropskog radarskog sistema 8-12,5 GHz SOSTAR (Stand-off Surveillance and Target Acquisition Radar). Takva letelica trebalo bi da koristi aktivni elektronsko skenirajući senzor (AESAs) i da sadrži čeonu antenski sistem za radarski prijemnik upozorenja za prednju hemisferu, prednje odeljenje za smeštaj avionike radara i odbrambene opreme, donji antenski sistem ispod centralne sekcije, sklop vučnog mamca, i repne antene radara za zadnju hemisferu.

Prema objavljenim podacima, konfiguracija SIGNIT EuroHawk predviđena

je za let od 30 časova, maksimalnu nosivost od oko 14 t, maksimalnu brzinu od 555 km/h i operativni plafon leta do 20 km (65 600 ft).

M. K.

<<<◇>>>

TENKOVSKI NAVIGACIONI SISTEM ANDROMEDA 21*

Ruska kompanija RussGPS na izložbi IDEX 2007 prvi put prikazala je novi sistem za praćenje na ruskim tenkovima serije T. Razvojni satelitski navigacioni sistem Andromeda 21 namenjen je da, kao jeftino rešenje, obezbedi dobru procenu situacije u tenkovskim formacijama.

Sistem se oslanja na hibridni/inercioni navigacioni sistem u kombinaciji sa širokopojasnim zemaljskim komunikacijama za održavanje protoka informacija unutar zone operacija. Osnovni elementi sistema Andromeda 21 uključuju tenkovski satelitski navigacioni uređaj (TSNU) i pripadajući displej sa ekranom na dodir. Uređaj TSNU je hibridni zemaljski navigacioni sistem koji objedinjava kombinovani GPS/GLONASS prijemnik, specijalno razvijen u kompaniji RussGPS (s jediničnom cenom od samo 70 dolara), fiber-optički žiroskop i radio-modem. Taj uređaj se povezuje sa dve antene ugrađene na krovu tenka – jedna kombinovana antena GPS/GLONASS i druga zajednička radio-antena (400 – 2000 MHz). Koristeći radio-mrežu tenk automatski povezuje svoj položaj (svakih 20 s) sa stacionarnim komand-

nim vozilom centra za upravljanje informacijama DMC (data management centre), koji je opremljen tzv. ultra-robustnim komandnim kompjuterom i displejom koji uključuje centralnu procesorsku jedinicu na bazi čipa Intel Celeron 600 MHz sa 256 Mb RAM. Veza sa drugim uređajima pojačava se upotrebom Ziga antene ugrađene na 30 m podižući jarbol. Pored koordinata, operator DMC je u mogućnosti da na svom displeju prati smer, brzinu i stanje goriva svakog tenka u mreži.

Za štabnu aplikaciju kompanija RussGPS nudi i napredni DMC, na vozilu montiran kontejnerski telekomunikacioni uređaj po MIL-STD-1553B, zatim informacione i digitalne mapirane servere povezane sa proširenim trostrukim ekranom i upravljačkom konzolom.



*Komponente tenkovskog navigacionog sistema
Andromeda 21*

Za pokrivanje mreže sistema Andromeda 21 postoje razne mogućnosti. Po jednoj, udaljenosti od tačke do tačke su u rasponu od 10 do 50 km (zavisno od terena), sa mogućnošću proširenja na 20–100 km uz korišćenje automatske retransmisije a, po drugoj, linije do 120 km, sa mogućnošću proširenja do 200 km s retransmisijom. Sistem može da prati pozi-

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, april 2007.

cije više od 500 tenkova, sa preciznošću pozicije 10 m (ili 1–3 m u diferencijalnom režimu).

Protok informacija sistema Andromeda 21 WLAN je do 1 Mb/s i može da se poveća kombinovanim relejnim i vazдушnim osmatračkim platformama na bazi bespilotnih autožiroskopa koji nose radio-predajnike i stabilizovane snimače RussGPS IR55.

Autožiroskop SB-01 Srebrni leptir, na primer, kojeg pogoni motor 0,5 kW BMW, i koji, da bi pojačao sistem, nosi do 150 kg korisnog tereta, ima najveću visinu 5000 m i trajanje leta do 11,5 časova. Video zapis sa SB-01 može da se prenosi direktno do tenkova i prezentuje na displeju uređaja TSNU.

M. K.

<<<<>>>>

NOVI MAĐARSKI OSMATRAČKI RADAR*

Mađarska kompanija Propatria Electronics razvila je borbeni osmatrački radar otporan na ometanje i prikazala ga na međunarodnoj izložbi IDEX 2007.

Prema izjavama predstavnika kompanije, razvoj zemaljskog osmatračkog radara PGRS-2 Beagle FMCW (frequency modulated continuous wave) započeo je u 2000. godini, a prve zahteve za isporuke uputila je Malezija 2005. godine. Sa svojom horizontalno polarizovanom antenom 28 dB Bigl (špijun) ima vanjski izgled sličan ranijim Talesovim radarima Squire X-band FMCW.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, april 2007.



Borbeni osmatrački radar Propatria PGRS-2 FMCW u standardnoj konfiguraciji

Maksimalna prenosna snaga radara je 1 W, a može da otkrije osobe na udaljenosti od 8 km, vozila na 14 km i brodove na 48 km. Masa radara Bigl sa trošcem iznosi približno 15 kg, a horizontalni sektor skeniranja je od 0° do 360°, sa brzinom skeniranja između 7° i 14°/s. Minimalna radijalna brzina otkrivanja je 1,7 km/h, dok preciznost na rastojanju od 3 km iznosi ± 3 m, a ± 5 hiljaditih po azimutu. Maksimalna radarska ulazna snaga je 50 W. Sa jednim kompletom baterija radar je operativan 12 časova.

Predviđeno je da radar nose dva lica. Uz radar pripada laptop, WiFi komunikacijski sistem, akustični senzor za identifikaciju cilja i ugrađeni GPS i uređaj za orijentaciju. Jedan ili dva radara PGSR-2 mogu alternativno da se ugrade u Propatrijin osmatračko-izviđački sistem na vozilu MGS3, kombinujući ih sa jarbolskim radarom EOSA-4.

M. K.

<<<<>>>>

OPTIMIZACIJA SISTEMA PVO „NEBESKI ŠTIT-35“*

Nemačka je naručila od švajcarske firme Oerlikon Contraves dva sistema PVO Skyshield-35 AHEAD (Advanced Hit Efficient and Destruction), koji će biti optimizirani za protivraktnu, protivartiljerijsku i protivminsku namenu, radi zaštite isturenih operativnih baza svoje vojske. Za 48 miliona EUR-a kompanija će završiti razvoj verzije C-RAM (Counter – Rocket, Artillery and Mortar), poznatiju kao Skyshield CPS (Camp Protection System), koji će biti spre-

man za kvalifikaciona ispitivanja u 2009. godini, posle čega bi bili prebačeni u prekomorske jedinice nemačke vojske.

Sistem C-RAM činiće deo novog armijskog PVO sistema SysFla, koji treba da zameni postojeću kombinaciju samohodnog dvocevnog PA topa 35 mm Gepard i raketa zemlja-vazduh. Tipični sistem PVO Skyshield 35 („nebeski štit“) sastoji se od sistema za upravljanje vatrom s pratećim i osmatračkim radarom, izdvojenim komandnim mestom i dvocevnim topom 35 mm. Svi oni su projektovani da se mogu brzo razviti na bojištu i prevoziti kamionom ili helikopterom. Osnovni Skyshield 35 AHEAD prvobitno je razvijen za uništavanje ciljeva na malim visinama koji su lansirani iz vazdušnog prostora, kao i bespilotnih letelica, helikoptera i aviona koji napadaju objekte na zemlji.

Verzija C-RAM ima brojne modifikacije, uključujući novi softver i novi projektil 35 mm AHEAD, optimiziran za uništavanje mnogo manjih ciljeva, koji imaju različite trajektorije i brzine. Dva tipa zrna 35 mm nedavno su razvijena za tradicionalnu PVO: jedno sa 152 subprojektila od 3,3 g i jedno sa 407 subprojektila od 1,2 g. Drugo zrno je, međutim, razvijeno za sistem C-RAM, i koje ima manji broj subprojektila veće težine.

Zamišljeno je da se tipične isturene baze štite sistemom Skyshield CPS. Sva ki od njih imao bi dve umrežene senzorske jedinice Skyshield AHEAD i četiri obrtna topa optimizirana za sistem C-RAM. Sistemom se upravlja preko centralnog komandnog mesta koji bi trebalo da radi 24 časa. Dodatno, za potrebe sistema C-RAM adaptirano je novo topov-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 18. april 2007.

sko postolje sa ukupno 252 zrna 35 mm spremnih za upotrebu, a dodatna municija se nosi u rezervi.

M. K.

<<<◇>>>

SISTEM ZA DETEKCIJU SNAJPERA PDC*

Poljska kompanija AAI završila je vatrenu demonstraciju svog sistema za detekciju snajpera PDCue 4-Corner za potrebe Ministarstva odbrane Poljske, radi moguće upotrebe u poljskim jedinicama lociranim u Avganistanu. Na vatre-nim ispitivanjima, održanim 3. aprila 2007. godine, sistem PDCue (Projectile Detection and Cueing), bio je ugrađen na borbeno vozilo pešadije Rosomak, kako bi se pokazale sve osnovne karakteristike sistema.

Sistem PDCue 4-Corner sastoji se od četiri odvojena podudarna mikrofonska niza koji mogu da se ugrade na vozilima, bunkerima, plovnim sredstvima ili zgradama. Prema izjavama zvaničnika, sistem obezbeđuje veću rezoluciju od bilo kog pojedinačnog sistema. Fizičko odvajanje nizova detektora povećava redundantnost sistema, jer svaki senzor može da obezbedi sopstveno rešenje i svaki par senzora može da se kombinuje. Senzori otkrivaju prasak („crack“) udarnog talasa i eksploziju („bang“) zrna na ustima cevi. Ako je prasak otkriven, sistem proračunava do-met i elevaciju do lokacije snajpera. Ako je detektovan „bang“, može se proračunati i do-met do cilja. Vreme reagovanja siste-ma je približno 80 ms i može da lokalizu-jet 15–20 gotovo istovremenih hitaca u

krugu 1500 m. Proizvođač tvrdi da sistem obezbeđuje pouzdanu detekciju pri brzina-ma vozila od preko 60 milja/h. Sistem je projektovan tako da radi u radio-mreži za prenos podataka do udaljene upravne stanice.



*Sistem za otkrivanje snajpera ugrađen na vozilo
Rosomak*

Korporacija AAI takođe ističe da ima planove da kreira mrežno rešenje za prenos podataka s PDCue na bespilotnu letelicu koja bi lokalizovala i pratila otkriveni snajperski tim. I američko mini-starstvo odbrane selektiralo je ovaj sistem za ugradnju na tri oklopna transportera Stryker, kao deo programa za specijalno opremanje jedinica armije.

M. K.

<<<◇>>>

NOVI SISTEMI ZA LASERSKU TELEORIJENTACIJU ORUŽJA*

Usavršavanje sistema za navođenje vođenog oružja za blisku borbu ostaje aktuelno, naročito zbog pojačanih zahteva za veću verovatnoću, tačnost, daljinu i višekanalno navođenje radi uništenja nekoliko ciljeva, otpornost na ometanje, kompaktnost tehničkih sredstava, kako na objektu vojne tehnike tako i na vođenom oružju, jednostavnost njihovog korišćenja

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 25. april 2007.

* Prema podacima iz Военный парад, 3/2006.

i opsluživanja, pogodnost za razne tipove vođenog oružja, itd. Takve zahteve umnogome ispunjavaju sistemi navođenja vođenog oružja pomoću laserskog zraka, koje razvija i proizvodi Instrumentalni zavod „GRPZ“ iz Rjazana, Rusija.

Laserski sistemi navođenja koriste princip formiranja prostorno-kodiranog svetlosnog rastera (informacionog polja – IP), predajnikom čiji se centar poklapa sa linijom viziranja cilja, određivanja položaja oružja u IP i formiranja signala upravljanja, koji usmeravaju vođeno oružje u centar informacionog polja. Sistem koristi dovoljno snažan čvrsti laser s laserskim diodama. Skeniranje laserskog zraka ostvaruje se kompaktnim, maloinercionim, akustično-optičkim dvokoordinatnim deflektorom, koji ne sadrži mehaničke sklopove i upravlja se električnim signalima. Sve to omogućilo je da se značajno poveća odnos signal–šum i, na osnovu toga, smanje ograničenja za primenu sistema navođenja s laserskim zrakom (LSN), u zavisnosti od vremenskih uslova. Osim toga, omogućeno je povećanje frekvencije izmene informacije u laserskom rasteru, neophodne za stvaranje veoma tačnih sistema navođenja, kao i pri primeni veoma brzih tipova vođenog oružja.

Kadar IP formira se višeprohodnim skeniranjem laserskog zraka po vertikalnim i horizontalnim redovima. Elektronsko razvrstavanje laserskog zraka, radi izrade laserskog rastera pomoću akustično-optičkog deflektora, omogućava višekanalno (jednovremeno) navođenje nekoliko raketa na pojedinačni ili grupni cilj na račun organizacije nekoliko rastera za odvojeno upravljanje svake od njih.

Elektronsko upravljanje laserskim rasterom omogućava, takođe, da se obezbede stalne razmere i ugaona stabilizacija IP u ravni svakog upravljanog oružja, nezavisno od trenutne udaljenosti.

Konkretnu konstrukciju LSN čine lasersko-optički predajni modul (PM) i elektronski blok.

U sastav LSN ulazi i ugrađeni fotoprijemni uređaj s dešifrirajućom aparaturom, koja prima lasersko zračenje od predajnog modula i pretvara primljene signale u oblik neophodan za konkretno upravljano oružje.

Pri razradi predajnog modula (PM) uvažavani su sledeći zahtevi:

- neophodnost premeštanja centra informacionog polja (IP) u sektoru upravljanja za izvršenje programskih pomeranja laserskog rastera u vertikalnoj i horizontalnoj ravni u početku upravljanja, kao i pomeranja neophodnih za obezbeđenje prikrivenih režima, obilaska prašine i podešavanje centra IP;
- individualno kodiranje IP, koje obezbeđuje raspoznavanje iskorišćenog polja u uslovima nanošenja nekoliko polja jedno na drugo;
- izmene ugaonih razmera IP u ravni upravljanog objekta, u skladu sa zadatim zahtevom izmene daljine od predajnog modula;
- obezbeđenje ugaone stabilizacije IP, nezavisno od uglova nagiba nosača;
- dovoljna frekvencija obnavljanja informacije u kanalu upravljanja, za stabilan rad upravljanog oružja;
- prenos dve popravne komande po kanalu upravljanja;
- realizacija funkcije ugrađene kontrole na račun uvođenja optičke povratne veze u konstrukciji predajnog modula.

Navedeni zahtevi izvršavaju se za potrebe izbora načina prostorno-vremenskog kodiranja laserskog zraka. Radi prenosa informacije na upravljano oružje, na sredstvu se formira IP, koje se sastoji od N vertikalnih i horizontalnih redova dobijenih na račun trostrukog prelaženja laserskog zraka po svakom redu u granicama IP. Informacija o koordinatama objekta u IP i o predavanim komandama nalazi se u vremenskim intervalima između svetlećih signala fotoprijemnog uređaja.

Radi efikasnog rada laserskog ozračivača u predajnom modulu laserskog sistema navođenja (LSN), obezbeđuje se temperaturna stabilizacija rada laserskih dioda.



Osnovne komponente laserskog sistema za navođenje

Elektronski blok LSN ostvaruje:

- vezu s ugrađenim računarom i drugim aparaturama na sredstvu;
- formiranje napona napajanja predajnog modula i elektronskih modula;
- upravljanje radom predajnog modula dovodom visokofrekventnih signala na njegove akustično-optičke reflektore;
- kontrolu unutrašnjih elektronskih modula i predajnog modula.

Principi konstrukcije, tehnička rešenja i visoko tehnološka kompaktna izvedba, iskorišćeni u LSN, omogućavaju: univerzalnost primene (tipovi nosača –

avioni, helikopteri, bespilotne letelice, oklopna tehnika, transportni i prenosni raketni sistemi); mogućnost rada s upravljanim oružjem tipa vođenih raketa ili vođenih artiljerijskih projektila.

Osnovne tehničke mogućnosti razrađenih LSN

– broj kanala navođenja	od 1 do 3 (eksperimentalna obrada prototipa bila je na jednodokanalnoj varijanti)
– ugaone dimenzije polja upravljanja vođenog oružja:	
• sektor upucavanja	15°
• sektor navođenja po ciljevima	2°
– daljina upravljanja	u skladu s tipom upravljanog oružja
– energetski potencijal	do 6000 (određuje se neophodnim dimenzijama informacionog polja i ulaznog otvora fotoprijemnika)
– dijapazon kompenzacije uglova nagiba nosača	±180°
– greška u davanju koordinata	ne više od 0,1 m
– odnos zapremina/masa sastavnih elemenata LSN:	
• predajnog modula	1,5 l/do 1,5 kg
• elektronskog bloka	4–6 l/do 4–6 kg
– korišćena energija iz mreže sredstva	ne veća od 200 W

Ispitivanja LSN, koja su sprovedena u različitim uslovima i rastojanjima, pokazala su visoku tačnost navođenja upravljanog oružja i visoku pouzdanost aparature.

Jedan od perspektivnih pravaca usavršavanja LSN pretpostavlja uključivanje u njihov sastav toplotno-televizijskog automata za praćenje ciljeva, što će omogućiti uvođenje dvokonturnog automatskog upravljanja položajem IP u prostoru: brzo, elektronsko – pomoću akustično-optičkog deflektora (u grani-

cama vidnog polja optike) i elektromehaničko usporenije – pomoću optičko-elektronskog nišana. Time se postiže visoka reaktivnost sistema pri navođenju na naglo manevrišuće ciljeve, smanjuju se greške navođenja i smanjuju se zahtjevi za visoke kvalifikacije operatera za navođenje.

M. K.

<<<◇>>>

KINESKO LAKO OKLOPNO VOZILO VN3 4x4*

Kineska industrijska korporacija NORINCO razvila je novo lako oklopljeno vozilo 4x4, sa oznakom VN3. Vozilo je sada u fazi manje intenzivne proizvodnje, za potrebe Kineske narodne oslobodilačke armije (KNOA).

Glavna namena vozila VN3 treba da bude osmatračko-izviđačka, mada mu nedostaje više savremenih dnevno-noćnih osmatračko-izviđačkih sistema, koji se već koriste u većem broju vozila tog tipa.

Po spoljnjem izgledu lako oklopno vozilo VN3 slično je francuskom blindiranom vozilu Panhard, čija je borbeno-masa 3,59 t i ima posadu od tri člana.



Kinesko lako oklopno vozilo VN3 4x4

Kineski VN3 je šire vozilo, sa petočlanom posadom (komandir, vozač i 3 člana posade), ukupne mase 5,3 t. Njegov dizel motor razvija maksimalnu brzinu od 110 km/h, a akcioni radijus mu je oko 600 km.

Veliki unutrašnji prostor omogućava primenu za razne borbene namene.

Potpuno zavareni čelični oklop obezbeđuje ljudsku zaštitu od vatre iz streljačkog naoružanja, parčadi granata, kao i nekih vrsta mina. Prozori su, takođe, otporni na dejstvo zrna i parčadi granata. Posada može brzo da ulazi u vozilo i da ga napušta, na dvojna bočna i jedna zadnja vrata.

Bazno vozilo opremljeno je kupolom naoružanom mitraljezima 12,7 mm i 7,62 mm, koji su montirani koaksijalno. Usmerava se na cilj krovnim dnevno-noćnim nišanskim sistemom. Drugi oružni sistemi, uključujući protivtenkovske vođene rakete, mogu da se ugrade. Kutija sa električno upravljanim lanserima dimnih granata, kojima se pokriva prostor ispod vozila, montirana je sa svake strane kupole.

Standardna oprema ovih vozila uključuje ABS kočioni sistem, NBH zaštitu i sistem za otkrivanje i gašenje požara, a zajednička je i amfibijska oprema i GPS.

U 2006. godini objavljeno je da je Kina razvila lako oklopno vozilo, pod oznakom QL550, koje je slično francuskom VBL (Vehicle Blinde Leger), ali sa borbenom masom od 7 t, koje je i dalje u fazi prototipa.

M. K.

<<<◇>>>

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 14. mart 2007.

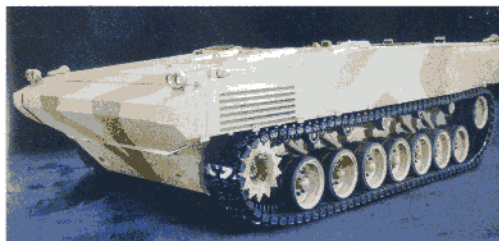
NOVO BORBENO VOZILO PEŠADIJE ZA UAE*

Belgijska kompanija Sabiex razvila je novo gusenično borbeno vozilo pešadije (BVP) za potrebe oružanih snaga Ujedinjenih Arapskih Emirata (UAE), koje sadrži mehaničke komponente starih osnovnih borbenih tenkova OF-40.

Lokalno testiranje prototipa planirano je za juli 2007. godine. Još neimenovano BVP sadrži pogon, oslanjanje i točkove sa viška tenkova Oto Melara OF-40, koji su smešteni u novo oklopno telo s motorom u prednjem delu.

Koncept njegove konstrukcije ima sličnosti sa konstrukcijom borbenog vozila pešadije Temsah, koje je izrađeno na bazi tenka Centurion a projektovao ga je Jordanski projektni i razvojni biro King Abdulah II, u saradnji sa Mašinskim projektnim biroom iz Južne Afrike.

U konfiguraciji oklopnog transportera, vozilo ima dužinu 8,5 m, širinu 3,35 m i visinu 2,1 m, a može da primi 10 vojnika uz 2 stalna člana posade.



Model novog borbenog vozila pešadije za UAE

Ukupna masa vozila je 45 t, koristan teret 10 t, a obezbeđena je balistička zaštita po standardu STANAG4569 Nivo 5 i podna zaštita od mina TM57.

Maksimalna brzina sa dizel motorom od 830 KS MTU MB838 CaM501 i transmisijom ZF 4HP250 iznosi 60 km/h, a akcioni radijus 600 km.

Oklopno telo prototipa ima ležište kupole koje može da prihvati kupolu BMP-3 za dva člana posade.

Ugovorom je pokrivena isporuka još 39 vozila u proizvodnom zavodu Abu Dabi, a koja će se proizvesti zajedničkim ulaganjem kompanija Al Badi Group i Sabiex.

M. K.

<<<◇>>>

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 21. mart 2007.