

ISSN 0042-8469



2

UDC 623 + 355/359

---

GODINA LVIII APRIL-JUN 2010.

MINISTARSTVO ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE

DIREKCIJA  
ZA IZDAVAČKU I BIBLIOTEČKO-INFORMACIONU DELATNOST

ZASTUPA DIREKTORA

Kapetan bojnog broda  
*Stanko Šušljik*

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

*Načelnik*  
Potpukovnik  
mr *Aleksandar* Bukvić, dipl. inž.

GLAVNI UREDNIK REDAKCIJE VOJNIH ČASOPISA

Potpukovnik  
*Dragan* Hajduković  
e-mail: dragan.hajdukovic@mod.gov.rs

ODGOVORNI UREDNIK VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA

Potpukovnik  
mr *Nebojša* Gaćeša, dipl. inž.  
e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs  
tel.: 3006-023; 3201-493, vojni: 23-493

UREĐIVAČKI ODBOR

Brigadni general dr *Danko* Jovanović, dipl. inž. (predsednik Odbora); brigadni general dr *Mladen* Vuruna, dipl. inž.; potpukovnik dr *Slobodan* Ilić, dipl. inž. (zamenik predsednika Odbora); pukovnik dr *Branislav* Jakić, dipl. inž.; pukovnik dr *Mladen* Pantić, dipl. inž.; pukovnik dr *Miljko* Erić, dipl. inž.; pukovnik dr *Jugoslav* Radulović, dipl. inž.; pukovnik dr *Zoran* Filipović, dipl. inž.; pukovnik dr *Marko* Andrejić, dipl. inž.; pukovnik dr *Goran* Dikić, dipl. inž.; pukovnik dr *Bojan* Zrnić, dipl. inž.; pukovnik dr *Željko* Ranković, dipl. inž.; pukovnik *Zoran* Patić, dipl. inž.; pukovnik dr *Zoran* Rajić, dipl. inž.; dr *Dragoljub* Vujić, dipl. inž.; dr *Slobodan* Jaramaz, dipl. inž.; potpukovnik mr *Nebojša* Gaćeša, dipl. inž. (sekretar Odbora)

Sekretar redakcije

*Zora* Pavličević  
e-mail: zora.pavlicevic@mod.gov.rs  
tel.: 3201-497, vojni: 23-497

Adresa redakcije:

VOJNOTEHNIČKI GLASNIK,  
Balkanska 53, Beograd  
e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs  
www.dibid.mod.gov.rs/casopisi.php  
http://scindeks.nb.rs/journaldetails.aspx?issn=0042-8469

Pretplata: e-mail: marketing.dibid@mod.gov.rs;  
tel.-fax: 3612-506; tekući račun: 840-19540845

*Rukopisi se ne vraćaju*

Časopis izlazi tromesečno

Štampa: Vojna štamparija – Beograd, Resavska 40b

# SADRŽAJ

## NAUČNI ČLANCI

Holclajtner S. <i>Marko</i> Jeremić M. <i>Olivera</i> Milinović P. <i>Momčilo</i>	
Simulacija rafala višecevnog bacača raketa .....	5–25
Orlić D. <i>Vladimir</i> Todorović M. <i>Branislav</i> Dukić L. <i>Miroslav</i>	
Analiza korelacionih osobina pseudoslučajnih sekvenci dužine 255 za zaštitu upravljačkog signala bespilotne letelice .....	26–42
Mrdak R. <i>Mihailo</i>	
Karakterizacija WCCo/NiCrBSi prevlake otporne na habanje .....	43–52
Čabarkapa T. <i>Obrad</i> Potkonjak-Lukić Đ. <i>Brankica</i>	
Informisanost studenata Vojne akademije o oblasti zaštite intelektualne svojine .....	53–70

## STRUČNI ČLANCI

Ivković S. <i>Dejan</i>	
Softverski model estimatora radijalne brzine ciljeva .....	71–89
Nikolić V. <i>Nebojša</i>	
Kontrola tačnosti rezultata u simulacijama Monte Karlo .....	90–107
Bondžulić P. <i>Boban</i>	
Multisenzorsko izdvajanje i ažuriranje slike pozadine u detekciji pokretnih objekata .....	108–126
Mijatović B. <i>Radoš</i>	
Upotreba programskog paketa Microsoft Office Project 2007 u planiranju ishrane pripadnika Vojske Srbije .....	127–149
Pešić J. <i>Predrag</i>	
Menadžment procesom lanca snabdevanja u vojnoj organizaciji primenom logističkog Controllinga .....	150–164
Gigović J. <i>Ljubomir</i>	
Digitalni modeli visina i njihova primena u vojnoj analizi terena .....	165–178
Radojčić M. <i>Stevan</i>	
Koncept pouzdanosti geodetskih mreža .....	179–187
Gaćeša N. <i>Nebojša</i>	
17. Telekomunikacioni forum TELFOR 2009 .....	188–203
SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA .....	204–208
POZIV I UPUTSTVO AUTORIMA .....	209–213

# CONTENTS

## SCIENTIFIC PAPERS

Holclajtner S. <i>Marko</i> Jeremić M. <i>Olivera</i> Milinović P. <i>Momčilo</i> MLRS salvo simulation .....	5–25
Orlić D. <i>Vladimir</i> Todorović M. <i>Branislav</i> Dukić L. <i>Miroslav</i> Analysis of correlation properties of pseudorandom sequences of length 255 for the UAV control signal protection .....	26–42
Mrdak R. <i>Mihailo</i> Characterization of wear resistant plasma sprayed aps – WCCo/NiCrBSi self-fluxing coatings .....	43–52
Čabarkapa T. <i>Obrad</i> Potkonjak-Lukić Đ. <i>Brankica</i> Knowledge of the Military academy students in the field of intellectual property protection .....	53–70

## PROFESSIONAL PAPERS

Ivković S. <i>Dejan</i> Software model of a radial velocity estimator .....	71–89
Nikolić V. <i>Nebojša</i> Accuracy control in Monte Carlo simulations .....	90–107
Bondžulić P. <i>Boban</i> Multisensor background extraction and updating for moving target detection .....	108–126
Mijatović B. <i>Radoš</i> Application of the Microsoft Office Project 2007 for planning the army personnel feeding process .....	127–149
Pešić J. <i>Predrag</i> Management of the military supply process by the implementation of logistic Controlling .....	150–164
Gigović Lj. <i>Ljubomir</i> Digital models of heights and military application for terrain analysis .....	165–178
Radojčić M. <i>Stevan</i> The concept of geodetic networks reliability .....	179–187
Gaćeša N. <i>Nebojša</i> 17th Telecommunications forum TELFOR 2009 .....	188–203
MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT .....	204–208
CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS .....	209–213



## NAUČNI ČLANCI

### SIMULACIJA RAFALA VIŠECEVNOG BACAČA RAKETA\*

Holclajtner S. Marko, Jeremić M. Olivera, Milinović P. Momčilo,  
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

UDC: 623.428.83:681.5.017

#### Sažetak:

*U radu je predstavljena procedura za efikasno simuliranje rafala višecevnog bacača raketa i uticaja rakete na ostale delove sistema. Analizirano je ponašanje rakete u odnosu na referentnu idealnu trajektoriju, koju generiše idealna raketa. Kvalitet rafalne vatre je rasturanje padnih tačaka na cilju, što je mera preciznosti i tačnosti. U radu je razmatran samo uticaj preciznosti, tj. rasturanja raketa, pri čemu se smatra da je greška tačnosti zanemarljiva. Na taj način identifikuju se sopstveni (municijski) uticaji na fenomen rasturanja trajektorija. Rasturanje na cilju upoređeno je sa rasturanjem na kraju aktivne faze u takozvanim estimatorskim koordinatama (detektorskoj ravni) i biće utvrđena njihova korelacija.*

*Ključne reči: rasturanje na cilju, dinamika leta, numerička simulacija, slučajna odstupanja, ekscentar potiska, dinamički ekscentar, aktivna faza, idealna raketa, realna raketa.*

#### Uvod

**E**fikasnost višecevnih lansera raketa u velikoj meri zavisi od pojave tačnosti i preciznosti na cilju. Tačnost se vezuje za odstupanje statističkog srednjeg pogotka skupa ispaljenih raketa od nišanske tačke. Preciznost predstavlja raspodelu gustine odstupanja oko srednjeg

\* NAPOMENA: Rad je rezultat projekta Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, br. 14062 / 2008.

pogotka. Kada se usvoji da je tačnost potpuna, tj. srednji pogodak se poklapa sa nišanskom tačkom, celokupno odstupanje može se tretirati kao preciznost. Ako se zanemare svi spoljašnji uticaji i posmatraju samo parametri koji sobom donosi raketa kao municija, onda se preciznost može ispitati simulacijom njenih graničnih tolerancija po svakom od relevantnih parametara. Simulacija obezbeđuje da se svaki parametar rakete, izolovano od ostalih, po kriterijumu realnog efekta, utvrdi odstupanja trajektorije. Dakle, simulacijom se utvrđuje uticaj zajedničkog slučajnog odstupanja skupa odabranih raketnih parametara na preciznost rafalne vatre.

Parametri i njihova odstupanja, koja utiču na tačnost i preciznost, mnogobrojni su i mogu se podeliti, kao što je rečeno, na one koje izaziva lanser, one koje izaziva atmosferska okolina i one koje izaziva sama raketna municija. U ovom radu će biti analizirana samo raketa sa svojim konstruktivno-projektnim parametrima.

Kao posledica tehnološke nesavršenosti izrade nevođenih raketa za višecevne lansere od izuzetnog značaja je eksecentricitet vektora potiska rakete, kome se u literaturi [1], [2], [4] daje presudna uloga kao faktoru bočnog skretanja nevođenih raketa. Usvajanjem pretpostavke da su lansirni i atmosferski parametri nepromenljivi, i nominalni za svako lansiranje, preciznost na cilju zavisiće samo od odstupanja ekscentra potiska, dinamičkog ekscentriciteta (maseni), specifičnog impulsa, mase prazne rakete, i na taj način će se izolovano analizirati njihov uticaj na preciznost. Odstupanja navedenih parametara su tehnološkog karaktera i sa njima se mora računati u fazi projektovanja rakete, tolerisanjem njihovih graničnih vrednosti u svim uslovima upotrebe. Naravno, u celom radu biće tretirana samo kruta raketa, bez elastičnih deformacija.

## Pojam idealne i realne rakete i idealnog lansiranja

Za potrebe ovog rada definisaće se pojmovi idealnog lansiranja, idealnog SUV-a (idealnog gađanja) i idealne rakete (idealne tehnologije), koji će biti početni osnov za dodavanje odstupanja tehnoloških parametara idealnoj raketi i analizu njihovog uticaja.

Pod idealnim lansiranjem podrazumeva se:

- da se lansiranje izvodi pod fiksnim tabličnim uglom elevacije 55 stepeni (u ravni gađanja) i azimutom gađanja koji odgovara potpunom poklapanju sa azimutom cilja (u pravcu X ose duž koje je merena daljina i u kojoj se nalazi ravan gađanja);
- da je lansiranje kruto, tj. da nema elastičnih deformacija lansera koji bi preneli elastična pomeranja na raketu u formi trzanja ili poremetili položaj linije gađanja;

- da se lansiranje izvodi u nepromenljivom, nominalnom polju atmosfere, tj. bez meteo biltena, ali sa kontinualnim uticajem atmosferskih slojeva i balističkim vetrom jednakim nuli;

- da se nišanska tačka poklapa sa padnom tačkom trajektorije kosog hica u realnim uslovima (što znači da je sistematska greška jednaka nuli).

Idealna raketa podrazumeva da njeni nominalni konstruktivni parametri ne izazivaju nikakva odstupanja i nemaju tolerantna polja dimenzija niti performanse, već predstavljaju fiksne skalarne i vektorske vrednosti.

Realna raketa podrazumeva da njeni nominalni konstruktivni parametri svake pojedinačne realne rakete (n-te u rafalu) odstupaju za određenu slučajnu veličinu, koja je u okviru propisanih tolerancija, prema tabeli 1. Tolerancije su kod realne rakete izražene raspodelom tehnoloških grešaka, po statističkom zakonu.

Tabela 1

Granice zabrane upotrebe cevi oruđa

	Parametar	Matematičko očekivanje (nominalna vrednost parametra – idealna raketa)	Matematičko očekivanje	Disperzija $3\sigma$
1.	masa prazne rakete	normalna (Gausova)	40.675	$\pm 0,250$
2.	masa goriva	normalna (Gausova)	28.120	$\pm 0,250$
3.	specifični impuls	normalna (Gausova)	2230	$\pm 22,3$
4.	ugao dinamičkog ekscentra $\nu$	ravnomerna	$\pi$	$\pi$
5.	ugao dinamičkog ekscentra $\varepsilon$	normalna (Gausova)	0	$\pm 0,00053$
6.	ugao dinamičkog ekscentra $\lambda$	normalna (Gausova)	0	$\pm 0,00053$
7.	ugao ekscentra potiska $\varphi_e$	ravnomerna	$\pi$	$\pi$
8.	ugao ekscentra potiska $\theta_e$	normalna (Gausova)	0	$\pm 0,002$

Simulacija je sprovedena uporedno između realne rakete sa 8 slučajnih tehnoloških nepreciznosti pridodeljenih po Gausovom (normalnom) zakonu raspodele u okviru tolerantnih polja i ravnomernom zakonu za parametre čija se ekscentričnost odražava na ugao odstupanja ose rakete.

Za obe hipotetičke rakete važiće uslovi idealnog lansiranja.

Aerodinamički koeficijenti nisu varirani u ovom radu, a obe rakete su tretirane kao kruto telo. Aerodinamički model je usvojen za hipotetičku raketu 122 mm, laganorotirajuću i krilnostabilisanu.

## Matematički model leta rakete

Idealna raketa i njeni parametri predstavljeni su sledećim veličinama:

$$\text{Masa rakete } m_i(t) = m_{ai} + m_{gi}(t) \quad (1)$$

gde su:

$m_{gi}(t)$  – masa goriva idealne rakete,

$m_{ai}$  – masa rakete bez goriva,

Položaj centra mase idealne i realne rakete u toku aktivne faze:

$$L_{CM}(t) = L_{CM}(t_0) - \frac{L_{CM}(t_0) - L_{CM}(t_a)}{t_a} \cdot t \quad (2)$$

gde su  $L_{CM}(t_0)$  – početni položaj centra mase rakete,  $L_{CM}(t_a)$  – položaj centra mase rakete na kraju aktivne faze,  $t_a$  – trajanje vremena leta u toku aktivne faze,  $t$  – vreme,

Tenzor momenta inercije idealne rakete

$$J_i(t) = \begin{bmatrix} J_{xx,i}(t) & 0 & 0 \\ 0 & J_{yy,i}(t) & 0 \\ 0 & 0 & J_{zz,i}(t) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Vektor sile potiska idealne rakete

$$\vec{F}_{P,i}(t) = \begin{bmatrix} F_{P,ix}(t) \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

gde je  $F_{P,ix}(t)$  – sila potiska u pravcu x ose.

Aerodinamički model idealne rakete i realne rakete izražen je kroz parametre:

Napadani uglovi:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V_z}{V_x}\right) \quad (5)$$

$$\beta = \arctan\left(\frac{V_y}{V_x}\right) \quad (6)$$

Ako se usvoji pretpostavka o malim napadnim uglovima, ukupni napadni ugao biće:

$$\delta = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \quad (7)$$

Vektor aerodinamičke sile u vezanom koordinatnom sistemu (slika 1. Cmxyz) biće:

$$[F_a] = Q \cdot S_{ref} \cdot \begin{bmatrix} C_{x,0}(M,t) + C_{x,\alpha^2}(M) \cdot \alpha^2 + 2 \cdot C_{x,\delta^2}(M) \cdot \beta^2 \\ C_{y,\alpha}(M) \cdot \beta + C_{y,\alpha^3}(M) \cdot \beta^3 \\ C_{y,\alpha}(M) \cdot \alpha + C_{y,\alpha^3}(M) \cdot \alpha^3 \end{bmatrix} \quad (8)$$

gde su:

$$Q = \frac{\rho(h) \cdot V^2}{2} \text{ dinamički pritisak i referentna čeona površina } S_{ref} = \frac{1}{4} \cdot D^2 \cdot \pi$$

Koeficijenti aerodinamičkih momenata u vezanom koordinatnom sistemu mogu se izraziti prema literaturi [10], u obliku:

$$C_{l1}(M) = 2 \cdot C_{l,\delta}(M) \cdot \delta + 2 \cdot C_{l,\delta^3}(M) \cdot \delta^3 + C_{l,p}(M) \cdot \bar{p} \quad (9)$$

$$C_{m1}(M,t) = (C_{m,\alpha}(M) - C_{y,\alpha}(M) \cdot \Delta\bar{x}(t)) \cdot \alpha + \quad (10)$$

$$(C_{m,\alpha^3}(M) - C_{y,\alpha^3}(M) \cdot \Delta\bar{x}(t)) \cdot \alpha^3 + C_{m,q}(M) \cdot \bar{q}$$

bezdimezionalna dužina usvojena za iteraciju određivanja rezerve stabilnosti iznosi:  $\Delta\bar{x}(t) = \frac{l_{ac} - L_{CM}(t)}{D}$ . Na osnovu slobodno usvojene

pretpostavke za položaj napadne tačke aerodinamičkih sila  $l_{ac} = L/2$ , softverski se iterativnim putem dobija stvarna vrednost statičke rezerve stabilnosti, u obliku koeficijenta momenta.

Vektor bezdimezionalne ugaone brzine je:

$$\begin{bmatrix} \bar{p} \\ \bar{q} \\ \bar{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{p \cdot D}{2 \cdot V} \\ \frac{q \cdot D}{2 \cdot V} \\ \frac{r \cdot D}{2 \cdot V} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Vektor ukupnog aerodinamičkog momenta u vezanom koordinatnom sistemu iznosi:

$$[M_a] = Q \cdot S_{ref} \cdot D \cdot \begin{bmatrix} C_{l1}(M) \\ C_{m1}(M, t) \\ C_{n1}(M, t) \end{bmatrix} \quad (12)$$

Realna raketa i njeni parametri biće posmatrani kroz iste izraze kao i idealna sa dodatkom statičkih poremećaja svakog od parametara (tabela 1), u sledećim oblicima:

Masa n-te realne rakete u rafalu:

$$m_a(n) = m_{ai} + \Delta m_a(n) \quad (13)$$

Masa goriva n-te realne rakete u rafalu:

$$m_g(n) = m_{gi} + \Delta m_g(n) \quad (14)$$

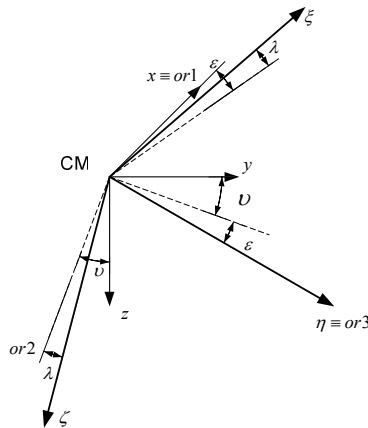
Ukupna početna masa n-te realne rakete u rafalu:

$$m_0(n) = m_a(n) + m_g(n) \quad (15)$$

a masa raketa u toku leta od vremena izražena je linearnim funkcijama vremena, u toku aktivne faze i rada raketnog motora  $t_a$ :

$$m(t, n) = \begin{cases} m_0(n) - \frac{m_0(n) - m_a(n)}{t_a} \cdot t \dots t < t_a \\ m_a(n) \dots t > t_a \end{cases} \quad (16)$$

Poremećaji mase iz gornjih jednačina prikazani su kroz uticaje na vrednosti momenata inercije i položaja glavnih osa inercije (slika 1):



Slika 1 – Dinamički ekscentar, uglovi dinamičkog ekscentra  $\mu^2 = \varepsilon^2 + \lambda^2$

Matrica transformacije tenzora momenta inercije, iz zaokrenutog koordinatnog sistema  $CM\xi\eta\zeta$  (gde su ose  $\xi\eta\zeta$  glavne centralne ose inercije), usled dinamičkog ekscentriciteta rakete projektuje se u vezani (sopstveni) koordinatni sistem  $CMxyz$  na sledeći način (literatura [11]):

$$D(n) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(v(n)) & -\sin(v(n)) \\ 0 & \sin(v(n)) & \cos(v(n)) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\varepsilon(n)) & -\sin(\varepsilon(n)) & 0 \\ \sin(\varepsilon(n)) & \cos(\varepsilon(n)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\lambda(n)) & 0 & \sin(\lambda(n)) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\lambda(n)) & 0 & \cos(\lambda(n)) \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = D(n) \cdot \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \\ \zeta \end{bmatrix} \quad (18)$$

Konačni tenzor momenta inercije realne rakete sa dinamičkim ekscentrom (u opštem slučaju centrifugalni momenti inercije različiti su od nule), za svaku  $n$ -tu raketu izračunavaju se sa navedenim poremećajima mase u obliku:

$$\{J_{xyz}(n)\} = \begin{bmatrix} J_{11}^*(n) & J_{12}^*(n) & J_{13}^*(n) \\ J_{21}^*(n) & J_{22}^*(n) & J_{23}^*(n) \\ J_{31}^*(n) & J_{32}^*(n) & J_{33}^*(n) \end{bmatrix} \quad (19)$$

Promena tenzora momenta inercije realne rakete biće linearna funkcija u toku aktivne faze, a nakon toga konstantna u pasivnoj fazi leta, pa se može izraziti u obliku:

$$\{J_{xyz}(t, n)\} = \begin{cases} \{J_{xyz,0}(n)\} - \frac{\{J_{xyz,0}(n)\} - \{J_{xyz,a}(n)\}}{t_a} \cdot t \dots t < t_a \\ \{J_{xyz,a}(n)\} \dots t > t_a \end{cases} \quad (20)$$

Komponente sile potiska realne rakete, projektovane na vezani koordinatni sistem sa uticajem slučajnih uglova ekscentriciteta sile potiska, biće:

$$[F_P] = \begin{bmatrix} F_P \cdot \cos(\theta_e) \\ -F_P \cdot \sin(\theta_e) \cdot \cos(\varphi_e) \\ -F_P \cdot \sin(\theta_e) \cdot \sin(\varphi_e) \end{bmatrix} \quad (21)$$

Vektor poremećajnog momenta usled ovakvog ekscentriciteta u odnosu na težište biće:

$$[M_P] = \begin{bmatrix} 0 \\ F_{Pz} \cdot (-x_{ml}) \\ F_{Py} \cdot (-x_{ml}) \end{bmatrix} \quad (22)$$

Slučajno odstupanje intenziteta totalnog impulsa sile potiska biće izraženo kao rezultat dva slučajna odstupanja, mase goriva i vrednosti specifičnog impulsa, i izraženog u obliku:

$$I_{tot}(n) = (m_{g0,i} + \Delta m_g(n)) \cdot (I_{sp,i} + \Delta I_{sp}(n)) \quad (23)$$

Odstupanje vremena rada raketnog motora  $t_a$ , nije razmatrano u ovom radu.

Zbog ovakvih odstupanja intenzitet sile potiska menjaće se po kombinovanom zakonu slučajnih veličina, sa fiksnim vremenom rada raketnog motora  $t_a$ , u obliku poremećaja:

$$\Delta F_P(n) = \frac{\Delta I_{tot}(n)}{t_a} = \frac{m_{g0,i} \cdot \Delta I_{sp}(n) + \Delta m_g(n) \cdot I_{sp,i} + \Delta m_g(n) \cdot \Delta I_{sp}(n)}{t_a} \quad (24)$$

Ukupni intenzitet sile potiska u toku vremena za n-tu raketu sa slučajnim poremećajima biće:

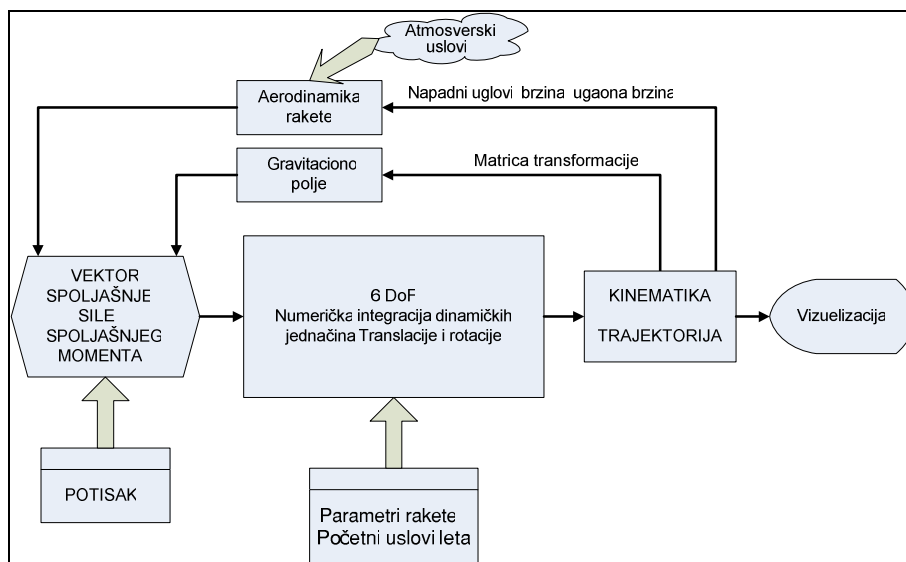
$$F_P(t, n) = F_{P,i}(t) + \Delta F_P(n) \quad (25)$$

gde su  $F_{P,i}(t)$  nominalni oblik očekivane promene potiska u vremenu u skladu sa projektovanim oblikom punjenja ili iz eksperimentalnih rezultata, merenih statičkim opitima raketnog motora, a  $\Delta F_P(n)$  dato izrazom (22). Za realnu, kao i za idealnu raketu, vreme rada raketnog motora je nominalno.



## Numerička simulacija mehanike leta idealne rakete sa šest stepeni slobode kretanja

Za let rakete sa šest stepeni slobode kretanja, kod kojeg su usvojeni nestacionarni i nelinearni parametri izrađen je numerički model. Nestacionarnost se ogleda u konstantnoj promeni ulaznih veličina vektora spoljašnjih sila, kako usled promene vremena, tako i usled promene kinematičkih parametara leta rakete. Numerička integracija rađena je sa kvaternionskom reprezentacijom rotacije (literatura [9]), umesto Ojlerovih uglova, jer je na taj način izbegnuta numerička nestabilnost.



Slika 2 – Šematski prikaz algoritma numeričke simulacije.

Opšte jednačine kretanja u vektorskom obliku za vezani (neinercijalni, slika 1) koordinatni sistem mogu se izraziti u obliku:

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \end{bmatrix} = m(t) \cdot (\dot{\vec{V}}_b + \vec{\omega} \times \vec{V}_b) \quad (26)$$

$$\begin{bmatrix} V_b \\ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$[\omega] = \begin{bmatrix} p \\ q \\ r \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$[M_b] = \{I(t)\} \cdot [\omega] + [\omega] \times (\{I(t)\} \cdot [\omega]); \quad (29)$$

projekcija brzine na normalnu ravan u vezanom ks:

$$V_n = \sqrt{v^2 + w^2} \quad (30)$$

Vektori spoljašnjih sila i spoljašnjih momenata iznose:

$$[F_b] = [F_p] + [F_a] + [F_G] \quad (31)$$

$$[M_b] = [M_p] + [M_a] \quad (32)$$

Sila gravitacije u vektorskom obliku biće:

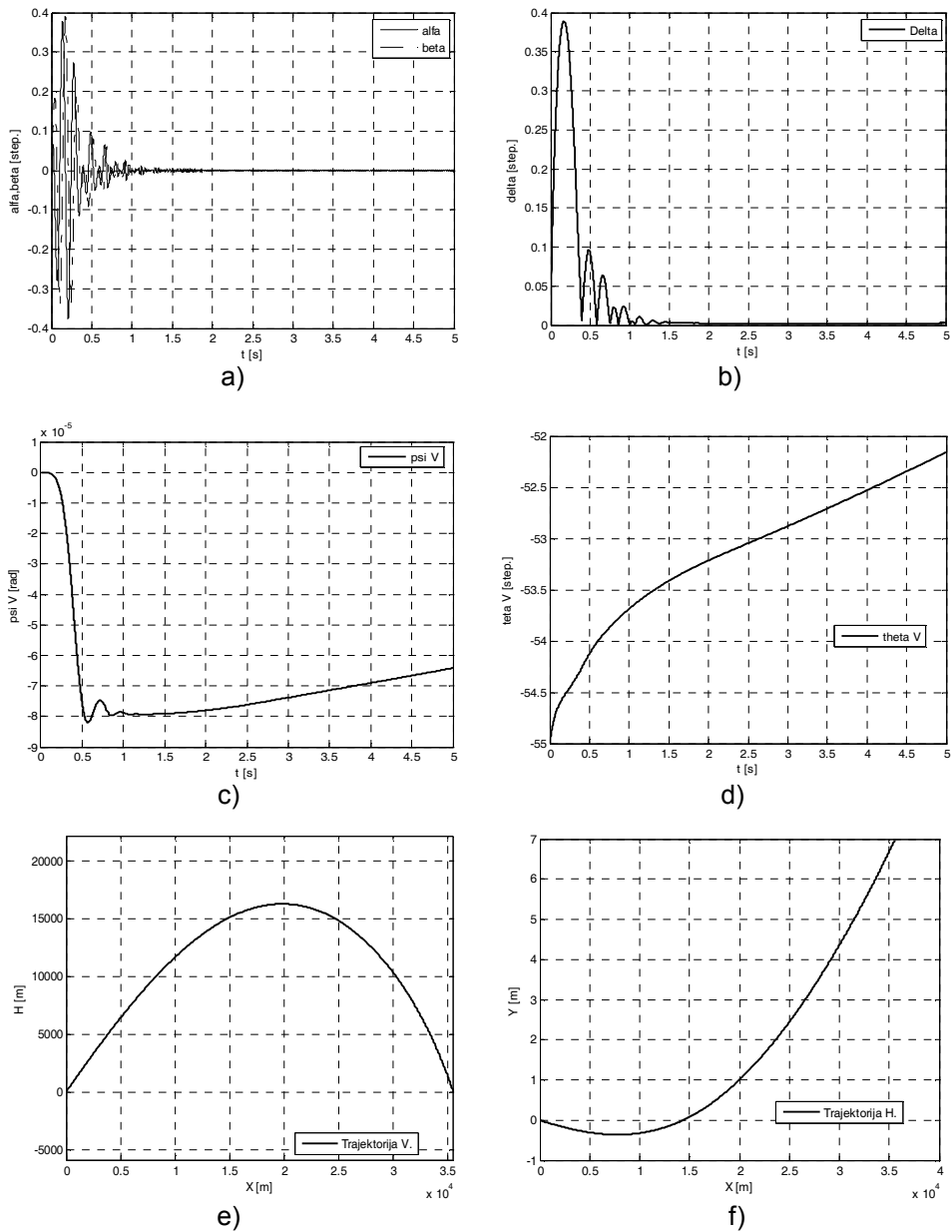
$$[F_G] = m(t) \cdot \{M_{iv}\} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{bmatrix} \quad (33)$$

gde je  $\{M_{iv}\}$  matrica transformacije iz vezanog u normalni.

Ovim jednačinama izvršena je kompletna postavka matematičkog modela za numeričku simulaciju leta idealne i realne rakete simulacije leta.

## Rezultati simulacije leta

Simulacija leta idealne rakete prikazana je na slici 3 kroz sledeće rezultate: a) promena napadnih uglova alfa i beta u toku nekoliko početnih sekundi leta, b) rezultujući napadni ugao vektora brzine u početnih nekoliko sekundi leta, c) i d) rezultujuće skretanje trajektorije po pravcu i visini, e) i f) rezultujući izgled ukupne trajektorije idealne rakete, u vertikalnoj i horizontalnoj ravni na maksimalnom dometu. Parametri trajektorije prikazani su u tabeli 2.



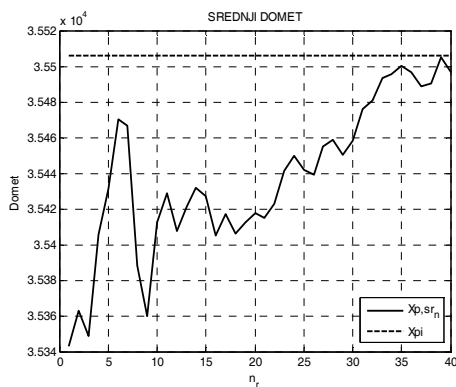
Slika 3 – Kinematski parametri trajektorije idealne rakete, idealno lansirane u nominalnoj atmosferi

- a) napadni uglovi  $\alpha$  i  $\beta$ , b) ukupni apsolutni napadni ugao, c) ugao skretanja vektora brzine, d) ugao propinjanja vektora brzine, e) trajektorija u vertikalnoj ravni, f) trajektorije u horizontalnoj ravni

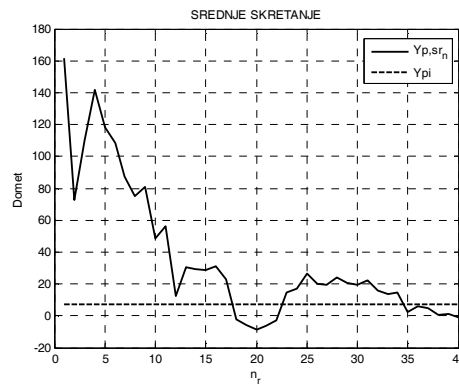
Tabela parametara leta idealne trajektorije

Parametar trajektorije idealne rakete	Vrednost parametra
padna tačka po dometu [m]	$X_p = 3,5506 \cdot 10^4$
padna tačka po pravcu [m]	$Y_p = 6,9551$
vreme leta rakete [s]	$t_p = 117,5990$
maksimalna visina [m]	$H_m = 1,6257 \cdot 10^4$
padni ugao propinjanja [step]	$\theta_p = 70,6859$
padni ugao skretanja [step]	$\psi_p = 5,27 \cdot 10^{-4}$
padna brzina [m/s]	$V_p = 370,7181$
maksimalna brzina [m/s]	$V_m = 1037,8$
ugao propinjanja na kraju aktivne faze [step]	$\theta_a = 53,0189$
promena ugla na kraju aktivne faze [step]	$\Delta\theta_a = -1,9811$
skretanje na kraju aktivne faze [step]	$\psi_a = -7,5754 \cdot 10^{-5}$
vreme leta do kraja aktivne faze [s]	$t_a = 2,5900$
usvojeno	

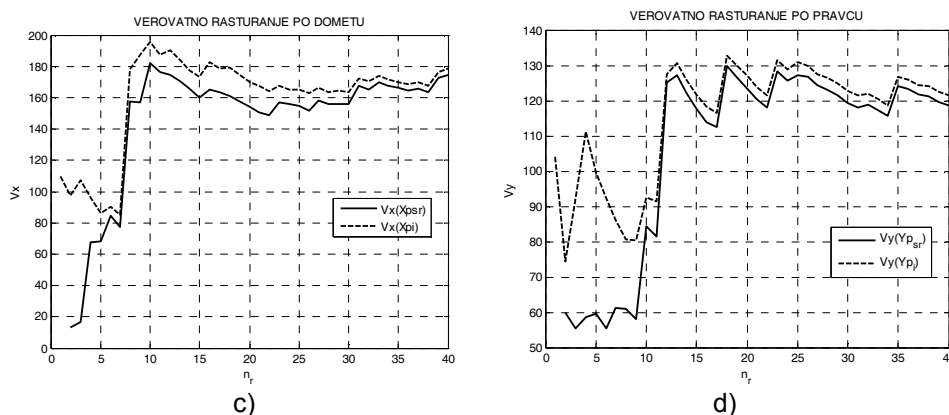
Realna raketa sa slučajnim odstupanjima parametara navedenim u tabeli 1, i po modelu prikazanom u poglavlju 3, prikazana je u obliku odstupanja i funkcija korelacije statističkom obradom slučajno simuliranih pogodaka (padnih tačaka), oko padne tačke idealne rakete čije odstupanje po pravcu nije jednako nuli (dijagram slika 3 f). Rezultati su prikazani na slici 4 (4a i 4b – stvarna odstupanja po dometu i pravcu u funkciji broja ispaljenih raketa u rafalu). To opravdava hipotezu o padnoj tački idealne rakete kao meri položaja odstupanja, a ne stvarnoj nišanskoj tački koja se uzima kao mera za proračun tačnosti gađanja. Sa ovih dijagrama se vidi da se položaj srednjeg pogotka u toku rafala približava padnoj tački idealne rakete, sa povećanjem broja ispaljenih raketa 4c i 4d, preračunato preko verovatnog skretanje po pravcu i dometu.



a)



b)



Slika 4 – Parametri statističke analize rafala 40 raketa u zavisnosti od broja ispaljenih raketa

Statistička analiza je rađena prema srednjem kvadratnom odstupanju po dometu i pravcu, za pretpostavku da je padna tačka idealne rakete srednji pogodak, prema lit. [2], pomoću formula:

$$\sigma_X^2(n) = \frac{1}{n} \sum_1^n (X_P(n) - X_{P,i})^2 \quad (34)$$

$$\sigma_Y^2(n) = \frac{1}{n} \sum_1^n (Y_P(n) - Y_{P,i})^2 \quad (35)$$

dok je verovatno odstupanje dobijeno preko usvojene relacije u odnosu na srednje kvadratno odstupanje (lit. [1], [2]), u obliku:

$$V_X'(n) = 0.6745 \cdot \sigma_X(n) \quad (36)$$

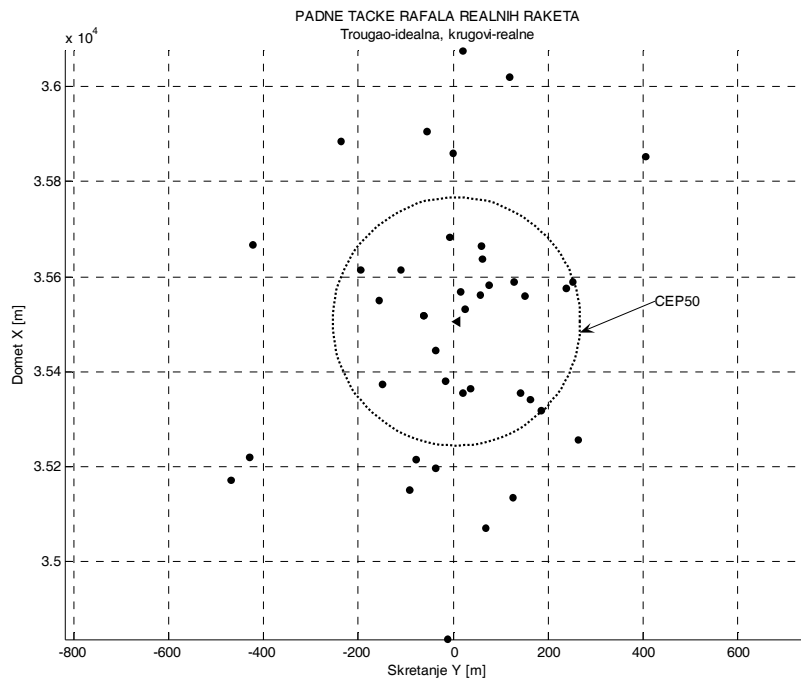
$$V_Y'(n) = 0.6745 \cdot \sigma_Y(n) \quad (37)$$

Srednje kvadratno odstupanje po dometu i pravcu, kao i verovatno rasturanje za trenutni srednji pogodak, izračunava se pomoću izraza (lit. [1], [2]):

$$s_X^2(n) = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (X_P(n) - X_{P,sr}(n))^2 \quad (38)$$

$$s_Y^2(n) = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (Y_P(n) - Y_{P,sr}(n))^2 \quad (39)$$

$$V_X(n) = 0.6745 \cdot s_X(n), \quad V_Y(n) = 0.6745 \cdot s_Y(n) \quad (40)$$



Slika 5 – Slika rasturanja padnih tačaka raketa oko idealne (trogao) padne tačke

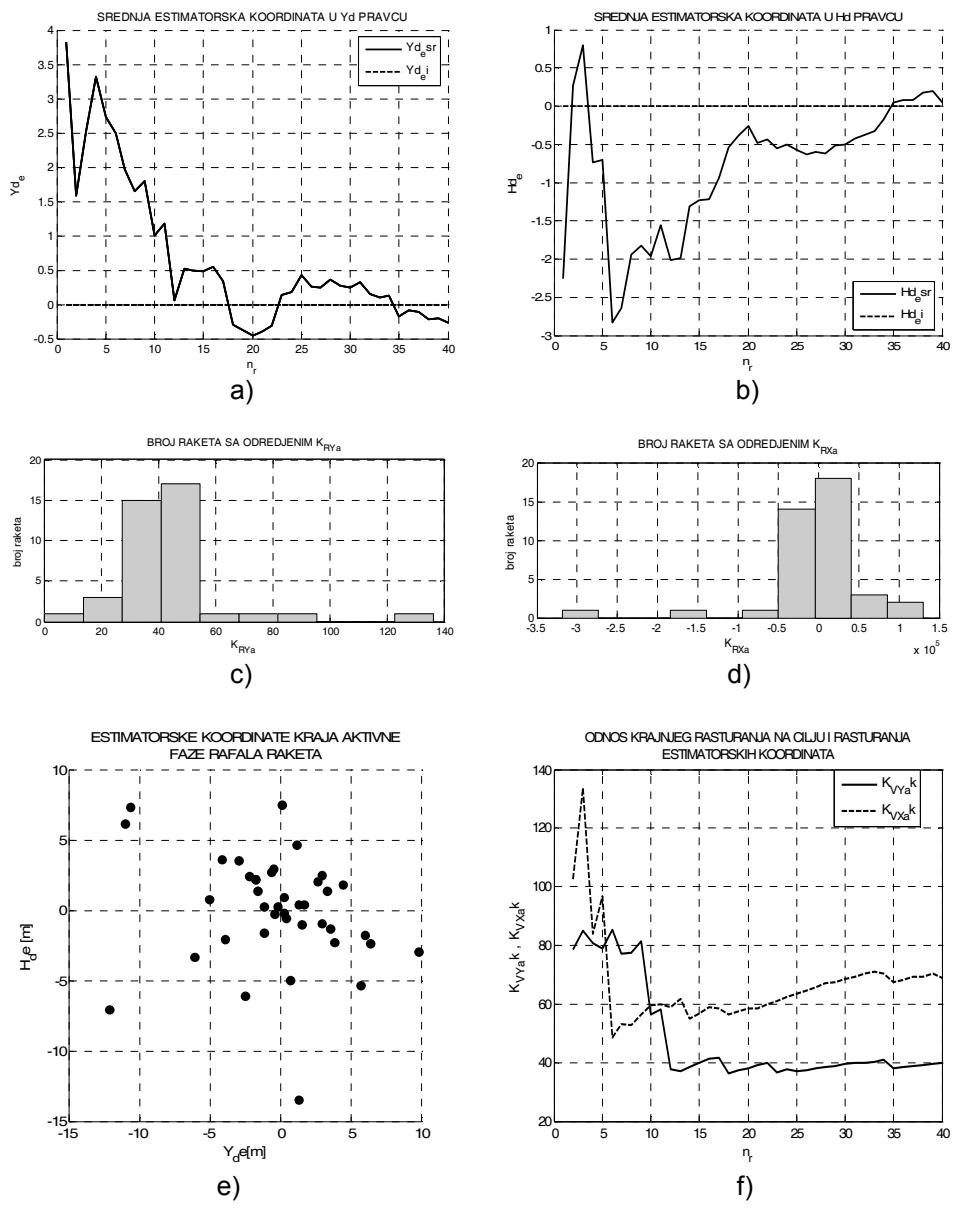
Za prelazak sa elipse rasturanja na CEP50 (literatura [4]) proizvoljnog oblika određuje se korekcionni faktor u zavisnosti oblika rasturanja, izrazom:

$$K\left(\frac{\sigma_Y}{\sigma_X} = 0.68\right) = 1.175 \quad (41)$$

Na osnovu korekcionnog faktora kružno verovatno odstupanje za rafal od  $n = 40$  raketa sa slučajnim poremećajima iznosi:

$$CEP50 = K \cdot \left(\frac{\sigma_X + \sigma_Y}{2}\right) = 1.175 \cdot \left(\frac{264.4 + 179.85}{2}\right) = 261m \quad (42)$$

Slika padnih tačaka na cilju i kružna verovatna greška CEP50 prikazani su na slici 5. sa centrom kruga u padnoj tački idealne rakete na koordinati  $Y_p = 6,9551$  m. Prikaz korelacije između takozvanih estimatorskih koordinata i koordinata padnih tačaka, na trajektorijama realnih raketa sa slučajnim poremećajima prikazani su na slici 6.



Slika 6 – Estimatorske koordinate kraja aktivne faze raketa u rafalu, u ravni detektora i korelacija njihovog rasturanja na cilju

Ako se u proizvoljnoj tački trajektorije idealne rakete (na kraju aktivne faze leta) postavi ravan normalna na početni ugao elevacije, i u njoj izmere simulacijom odstupanja od tačke prolaza trajektorije idealne raket-

te, dobiće se takozvane estimatorske koordinate koje se mogu korelisati sa koordinatama padnih tačaka. Na slici 6 (a, b) prikazano je odstupanje srednjeg pogotka po pravcu i visini, na slici 6 (c, d) grupisanje raketa oko srednjeg pogotka i korelacioni faktor grupisanja po pravcu i visini, a na slici 6 (e i f) – stvarna slika odstupanja estimatorskih koordinata i njihova korelacija sa brojem ispaljenih raketa u rafalu.

Srednje vrednosti estimatorskih koordinata (slika 6 e) definisane su na sledeći način:

$$Y_{De,SR}(n) = \frac{1}{n} \cdot \left( \sum_{i=1}^n Y_{De,i} \right) \quad (43)$$

$$H_{De,SR}(n) = \frac{1}{n} \cdot \left( \sum_{i=1}^n H_{De,i} \right) \quad (44)$$

Korelacioni faktor (slika 6 c, d) estimatorskih koordinata i koordinata padnih tačaka definisane su na sledeći način:

$$K_{RX,a}(n) = \frac{X_p(n)}{H_{De}(n)} \quad (45)$$

$$K_{RY,a}(n) = \frac{Y_p(n)}{Y_{De}(n)} \quad (46)$$

Vidi se da korelacija zavisi od veličine uzorka, tako da se mora posebno definisati i srednji korelacioni koeficijent, u obliku:

$$K_{RX,a,SR}(n) = \frac{1}{n} \cdot \left( \sum_{i=1}^n K_{RX,a,i}(n) \right) \quad (47)$$

$$K_{RY,a,SR}(n) = \frac{1}{n} \cdot \left( \sum_{i=1}^n K_{RY,a,i}(n) \right) \quad (48)$$

Korelacioni faktori rasturanja na cilju i rasturanja na kraju aktivne faze definisani su:

$$K_{RVx,a}(n) = \frac{V_x(n)}{V_{He}(n)} \quad (49)$$

$$K_{RVy,a}(n) = \frac{V_y(n)}{V_{Ye}(n)} \quad (50)$$



gde su:

$V_{He}(n)$  – verovatno rasturanje po visini estimatorske koordinate,

$V_{Ye}(n)$  – verovatno rasturanje po pravcu estimatorske koordinate (lit. [12]).

Pošto korelacije zavise od broja obrađenih koordinata kraja aktivne faze i krajnjeg rasturanja na cilju, to se odnos krajnjeg rasturanja prema tekućem estimatorskom rasturanju koordinata može izraziti u obliku:

$$K_{RVx,a,K}(n) = \frac{V_X(n_{\max})}{V_{Xe}(n)} \quad (51)$$

$$K_{RVy,a,K}(n) = \frac{V_Y(n_{\max})}{V_{Ye}(n)} \quad (52)$$

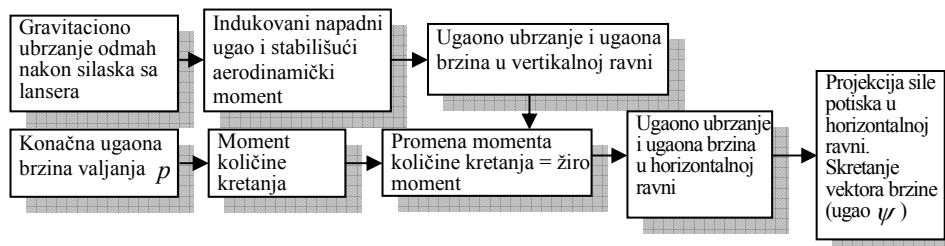
Verovatna rasturanja estimatorskih koordinata, koja mogu poslužiti za detekciju u toku gađanja dobijaju se analogno izrazima (37) do (40).

Sa dijagrama (slika 6.f), može se primetiti da se za korelaciju po pravcu usvaja određena približna vrednosti koja malo odstupa već nakon 12–13 rakete ispaljenih u rafalu i iznosi  $K_{RVy,a} \cong 40$ . To je potvrđeno sa dijagrama (slika 6.c), gde se vidi da se grupiše većina raketa čiji je koeficijent korelacije oko 40. To znači da se rasturanje po pravcu na cilju može kvalitetno odrediti na osnovu estimacije odstupanja kraja aktivne faze po pravcu, i da je njihov odnos 40:1. To je posledica linearnosti rasturanja po pravcu usled ekscentriciteta potiska i dinamičkog ekscentriciteta rakete, kao dominantnih poremećaja leta.

Rasturanje po dometu ne može se kvalitetno odrediti iz analize rasturanja estimatorskih koordinata po visini. Pre svega, primećuje se nepostojanje trenda  $K_{VXa^k}$  (dijagram na slici 6.f) kao i jako velika skala odnosa rasturanja estimatorskih koordinata po visini i stvarnih rasturanja po dometu (red veličine odnosa je  $10^5$ ). Odstupanje masa rakete, goriva i specifičnog impulsa su dominantni za rasturanje brzine na kraju aktivne faze, a samim tim i dometa. Uvođenjem određenog tehničkog sistema za merenje brzine na kraju aktivne faze korelacija bi bila moguća.

Od posebnog značaja je što se srednji pogodak identifikuje sa padnom tačkom idealne rakete, koja na maksimalnom dometu odstupa za približno 7 m, u odnosu na nišansku tačku. To odstupanje nije posledica Koriolisovog ubrzanja, niti Magnusovog momenta, jer se u ovoj numeričkoj simulaciji oni nisu ni uzimali u obzir. Uzrok odstupanja su male, ali konačne vrednosti žiro momenata, nastalih usled lagane i konačne ugaone brzine rotacije rakete oko sopstvene ose.

Na slici 7 prikazana je uzročno-posledična veza pojave skretanja idealne krute rakete.



Slika 7 – Uzročno-posledična veza skretanja idealne krute rakete

## Zaključak

U ovom radu demonstrirana je procedura numeričke simulacije leta laganorotirajućeg krilno-stabilisanog nevođenog artiljerijskog raketnog projektila, veće vitkosti, sa šest stepeni slobode kretanja, u rafalnom lansiranju iz višecevnog bacača rakete, na primeru kalibra 122–128 mm.

Opravdano je uvođenje pojma idealne rakete, kao krutog mehaničkog i aerodinamičkog tela za koje se pokazalo da ima trajektoriju projektovanu ne samo u vertikalnoj, već i u horizontalnoj ravni gađanja. Pokazano je da idealna raketa na cilju odstupa od ravni gađanja za približno 7 m, i da se oko njene padne tačke grupiše srednji pogodak rafala realnih raketa sa stvarnim simuliranim poremećajima koji su uvedeni kao statističke veličine slučajnog tipa, a tehnološkog porekla. Fenomen rasturanja oko idealne nišanske tačke svodi se, dakle, na fenomen rasturanja oko padne tačke idealne rakete, koja se ne poklapa sa idealno zamišljenom trajektorijom, čija je sistematska greška usvojena kao nula po tačnosti gađanja. Odstupanje idealne rakete lansirane pod idealnim uslovima bez uticaja okoline i početnih grešaka, i bez ikakvih odstupanja koje bi mogla da napravi tehnologija u njenom obliku, masi ili energiji, nije posledica nesavršene aerodinamike, niti mehanike izražene kroz zanemarivanje leta u okolini zemlje u obliku Koriolisovog ubrzanja. Uzrok odstupanja su male, ali konačne vrednosti žiro momenta usled lagane ali konačne ugaone brzine rotacije rakete oko sopstvene ose.

Simulacija rafala pokazala se kao relevantna za ocenu slučajnih vrednosti tehnoloških poremećaja iz zadatog propisanog tolerantnog polja izrade. Ovakvim pristupom može se unapred predvideti uticaj statističkog odstupanja pojedinih parametara na rasturanje padnih tačaka. Takođe, moguće je izolovanom simulacijom pojedinačnog odstupanja samo jednog od parametara utvrditi njegov uticaj na rasturanje, kako po intenzitetu, tako i na to da li je dominantan na stvaranje odstupanja po dometu

ili pravcu. Pristupom se omogućava izrada vrlo precizne tehno-ekonomске analize, u kojoj bi se moglo oceniti koliko bi koštalo poboljšanje preciznosti usvajanjem novih tehnologija, koje sužavaju tolerancije polja konstruktivno-projektnih parametara koji su procenjeni kao najuticajniji slučajni poremećaji kod nevođenih raketa. Takođe, mogu se utvrditi i granice isplativosti vođenja na određenim dometima.

Praćenje raketa na određenom položaju na trajektoriji, pasivnim i aktivnim senzorima, takođe je pitanje procene greške trajektorije u datoj tački leta, koje se procenjuju uvođenjem takozvanih estimatorskih koordinata. U radu je utvrđena korelacija statističkih veličina odstupanja na kraju aktivne faze leta sa greškom padne tačke za statističku analizu po pravcu i po dometu, što je posebno značajno za rafalno gađanje. Utvrđeno je da po pravcu postoji korelacija, a da po dometu ona nije reprezentativna za ocenu greške na cilju.

Razvijeni softver za simulaciju mehanike leta modularnog je tipa i dozvoljava promenu ne samo vrednosti ulaznih parametara, nego i samu matematičku prezentaciju modela. Simulator ima mogućnost lake promene fizičkog modela aerodinamike, gravitacionog polja, inertnog koordinatnog sistema, vetra, itd. Takođe, moguće ga je proširiti i za vođene rakete, dopunskim simulatorom vođenja i upravljanja.

### *Literatura*

- [1] Vučurović, O., Osnovni projektovanja raketa (monografija), Mašinski fakultet, Beograd, 2003.
- [2] Milinović, M., Osnovi projektovanja raketa i lansera: poglavlja iz projektovanja lansera, Mašinski fakultet, Beograd, 2002.
- [3] Milinović, M., Dodić, N., Modeliranje sistema upravljanja vatrom i praćenja vazдушnih ciljeva, Mašinski fakultet, Beograd, 2002.
- [4] Military hand book „Design of aerodynamically stabilized free rockets“ MIL-HDBK-762(MI)
- [5] Janković, S., Aerodinamika projektila“, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1979.
- [6] Milinović, M., Osnovni principi raketnog pogona sa čvrstom pogonskom materijom, skripta, Mašinski fakultet, Beograd, 1998.
- [7] Ristanović, M., Lazić, D., Uvod u MATLAB, Beograd, 2004.
- [8] Janković, S., Spoljna balistika, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1979.
- [9] Blagojević, Đ., Dinamika leta - skripta, Mašinski fakultet, Beograd, 2004.
- [10] Blagojević, Đ., „DATCOM“ softvaere, Mašinski fakultet, 2000.
- [11] Lurie, A. I., Аналитическая механика, Москва, 1961.
- [12] Holclajtner, M., Analiza greške nevođenog raketnog laganorotirajućeg projektila i mogućnost praćenja položaja na kraju aktivne faze, upotrebom optičkog IC senzora, diplomski rad, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 2007.

## MLRS SALVO SIMULATION

*Summary*

*This paper presents a procedure for an efficient simulation of MLRS barrage fire as well as of the effects of rocket parameters. The rocket behavior will be analysed with reference to an ideal trajectory generated by an ideal rocket. The quality of MLRS fire is expressed through dispersion of impact points in the target area thus representing precision and accuracy. This work assumes absolutely correct accuracy and concentrates primarily on the effects of precision i. e. on the dispersion of rockets. Other types of effects on rocket dispersion, such as those of atmosphere, launching, etc. are neglected. The ammunition effects on the trajectory dispersion will be thus identified. The dispersion in the target area will be correlated with the dispersion of trajectory points at the end of the active (rocket motor burn out) phase.*

*Introduction*

*If all external influences are neglected, and if only rocket parameters are calculated, then the precision can be analyzed using the simulation of its random parametric variations within its boundary tolerances.*

*Definitions of an idealised rocket, a real rocket and an ideal launching*

*In a model of an idealised rocket, all parameters are nominal and without any tolerance. A model of a real rocket assumes that nominal parameters have errors randomly distributed inside boundary tolerances for each n-th rocket in the salvo.*

*Mathematical model of the rocket flight*

*In a mathematical model, a rocket is represented as a rigid body with 6DoF. Besides the standard parameters (mass, momentum of inertia, aerodynamic coefficients, etc.), a mathematical model is designed enabling the definition of other parameters (thrust misalignment, eccentricity of the momentum of inertia, specific impulse) and their random distributions.*

*Six DoF (degrees of freedom) numerical simulation of the flight mechanics of an idealised rocket*

*A numerical model is made for the simulation of the 6DoF rocket flight with non-stationary and nonlinear parameters. The non-stationary characteristic refers to a constant change of input vector values of external forces in the function of time as well as in the function of kinematic parameters of the rocket flight.*

*The results of the flight simulation*

*The results of a real rocket flight, with random deviations of parameters, are presented as the deviation and the function of correlation of randomly simulated hit trajectories (fall points) around the fall point of an ideal hit trajectory.*

*The correlation in the normal direction is a value that is statistically stable after 12th or 13th rocket and equals 40, which means that the deviation in the normal direction can be qualitatively represented by the estimation of the deviation at the end of the active phase (at the burnout), and that in this example the ratio is 40:1.*

*The dispersion of fall points in the range direction cannot be qualitatively represented by the estimation of the deviation in the height direction at the end of the active phase.*

#### Conclusion

*In this paper we demonstrated a procedure for the numerical simulation of the flight mechanics of a low-rotational, fin-stabilised unguided artillery 122–128 mm rocket with a high length to diameter ratio in the salvo launching from a MLRS.*

*The fall point of an idealised rocket has a deviation of the launching plane for about 7 m. This point also represents the statistical mean value for the fall point of the salvo of real rockets simulated with parameters deviations of technological origin. The cause for the fall point deviation of an idealised rocket is a low gyro momentum value due to low but finite roll angular velocity and its interaction with the flight mechanics of the launching post behavior.*

*A simulation of salvo is relevant for evaluating the influence of technology parameters on the rocket flight performance. It is possible to correlate statistically distributed technology parameters and the fall point of the salvo trajectory. It is also possible to determine the influence of one rocket parameter on the dispersion by its isolated simulation.*

*The correlation of the statistically distributed value at the end of the active phase with the fall point error was determined. It is shown that the correlation in the normal direction is very accurate while it does not have a representative value in the range direction in this method.*

*The developed software for flight mechanics is of a modular type, and it allows to be changed not only in the input point, but also in the mathematical core of each sub function. The program is also capable of adding the simulation of model guidance and control.*

*Key words: dispersion in the target area, flight mechanics, numerical simulation, random deviation, trust misalignment, dynamic misalignment, active phase, idealised rocket, real rocket.*

Datum prijema članka: 12. 05. 2009.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 03. 02. 2010.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 05. 02. 2010.

## ANALIZA KORELACIONIH OSOBINA PSEUDOSLUČAJNIH SEKVENCI DUŽINE 255 ZA ZAŠTITU UPRAVLJAČKOG SIGNALA BESPILOTNE LETELICE\*

Orlić D. *Vladimir*, Todorović M. *Branislav*, Institut za mikrotalasnu tehniku i elektroniku „IMTEL Komunikacije a.d.“, Beograd,  
Dukić L. *Miroslav*, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet

UDC: 623.746-519

### Sažetak:

*Tehnike prenosa signala u proširenom spektru sa direktnom sekvencom predstavlja efikasan metod zaštite upravljačkog signala bespilotne letelice (BL). Zaštita signala se ostvaruje primenom pseudoslučajnih (PS) sekvenci u predajniku, koje su poznate prijemniku, ali ne i neovlašćenom korisniku. Da bi se ostvario pouzdan prenos signala, PS sekvence treba da imaju dobre autokorelacione osobine. Ukoliko je prenos signala realizovan primenom nekoliko PS sekvenci, tada su od velike važnosti i njihove međukorelacione karakteristike. U radu su analizirane autokorelacione i međukorelacione osobine PS sekvenci dužine 255. Razmatrane su tri najčešće korišćene klase PS sekvenci: linearne sekvence maksimalne dužine, Goldove sekvence i Kasamijeve sekvence. Predložen je optimalan skup PS sekvenci za zaštitu upravljačkog signala BL.*

*Ključne reči: radio-komunikacije, prenos u proširenom spektru, direktna sekvenca, bespilotna letelica, pseudoslučajne sekvence, korelacija.*

## Uvod

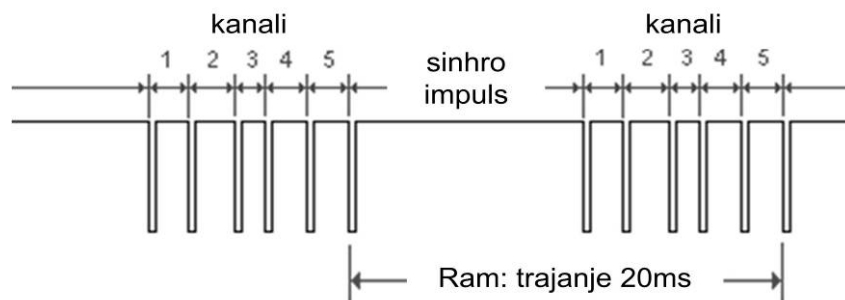
Bespilotne letelice se poslednjih godina ubrzano razvijaju za različite vojne i civilne primene. U zavisnosti od načina upravljanja, one mogu biti: (1) daljinski upravljane i (2) autonomno vođene na osnovu prethodno pro-

\* NAPOMENA: Članak je nastao u okviru rada na projektu ET-11037: „Primena tehnike proširenog spektra za zaštitu signala koji prenose podatke i upravljačke komande“, finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Delovi ovog članka su bili izloženi u vidu usmenog saopštenja na sledećim skupovima:

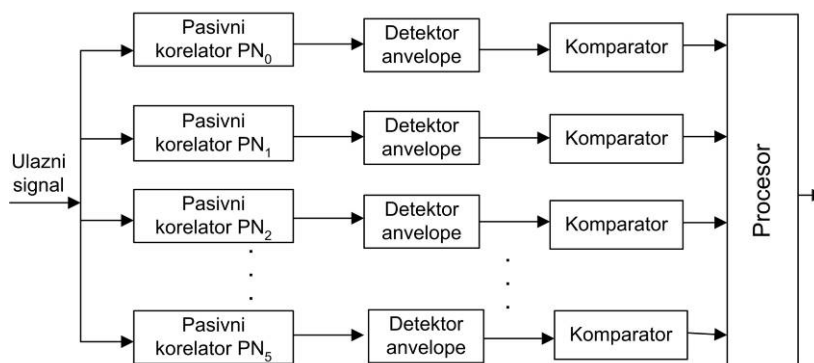
Orlić, V. D., Dukić, M. L. i Todorović, B. M.: „Izbor pseudoslučajnih sekvenci za zaštitu upravljačkog signala bespilotne letelice“, *Zbornik radova XVII telekomunikacionog foruma (TELFOR 2009)*, ISSN 978-86-7466-375-2, Beograd, 2009, str. 350–353; Orlić, V. i Todorović, B.: „Algoritam za automatsku selekciju PS sekvenci za zaštitu upravljačkog signala bespilotne letelice“, *Zbornik radova 3. Naučno-stručnog skupa odbrambene tehnologije (OTEH 2009)*, ISSN 978-86-81123-40-9, Beograd, 2009, str. 83–86.

gramiranog plana leta [1]. Jedan od najčešće korišćenih sistema za daljinsko upravljanje bespilotnim letelicama jeste onaj koji se zasniva na primeni impulsne položajne modulacije (IPM) [2]. Ovako modulisan signal može da se zaštiti od ometanja i neovlašćene detekcije primenom tehnike prenosa u proširenom spektru metodom direktne sekvence [3]. U [4] je predložena koncepcija radio-uređaja namenjenog prenosu upravljačkih komandi do bespilotne letelice u frekvencijskom opsegu od 432 do 438 MHz, kod kojeg se primenjuje upravo pomenuti metod, dok su u [5] i [6] opisane praktične realizacije pojedinih blokova radio-uređaja koji se realizuje. U usvojenoj koncepciji upravljački signal BL se formira u vidu rama fiksnog trajanja 20 ms, koji se sastoji od sinhroimpulsa i N kanala. Broj kanala N jednak je broju servo motora na letelici i promenljiv je (od 4 do 8), a tipično iznosi 5. Ovih (N+1) segmenata rama razdvojeni su međusobno pauzama jednakog trajanja 0,3 ms, dok su širine impulsa promenljive: impulsi koji odgovaraju kanalima mogu trajati između 1 ms i 2 ms, a trajanje sinhroimpulsa određuje se tako da ukupno trajanje rama bude 20 ms. Struktura rama upravljačkog signala BL, koji sadrži 5 kanala, prikazana je na sl. 1.



Slika 1 – Ram upravljačkog signala BL

Svih (N+1) osnovnih segmenata upravljačkog signala (sinhroimpuls + N kanala) u svakom ramu modulišu se u predajniku različitim PS sekvencama:  $PS_0 - PS_N$ . Struktura prijemnika prikazana je na sl. 2. U svakoj od (N+1) grana prijemnika nalazi se po jedan pasivni korelator (prilagođeni filter) za svaku od (N+1) različitih PS sekvenci koje se koriste za kodiranje upravljačkog signala. Analizu signala na izlazu iz pasivnog korelatora, nakon detekcije anvelope i upoređivanja sa pragom odlučivanja, vrši procesor. Uloga procesora je da prati pravilnosti u pojavljivanju vrhova autokorelacione funkcije primenjenih PS sekvenci radi odbacivanja lažnih alarma. Pod lažnim alarmom podrazumeva se premašenje vrednosti praga odlučivanja na izlazu bilo kog korelatora, koje ne odgovara osnovnom vrhu autokorelacione funkcije jedne od (N+1) PS sekvenci kojima je kodiran signal na ulazu u prijemnik.



Slika 2 – Struktura prijemnika

Ovaj metod zaštite upravljačkog signala BL detaljno je opisan u [7], a proračun performansi je prikazan u [8]. Osnovne prednosti ovog metoda su što nema potrebe za održavanjem kodne sinhronizacije PS sekvenci, kao ni za klasičnom demodulacijom. Na taj način izbegnut je problem izdvajanja takta (clock recovery) koji je karakterističan za impulsnu položajnu modulaciju. U prijemniku se vrši samo pasivna korelacija, a na osnovu korelacionih vrhova rekonstruiše se poslani signal.

Dobre autokorelacione osobine korišćenih PS sekvenci su od suštinskog značaja za ispravan rad prijemnika. Dodatno, budući da se signal na ulazu u prijemnik direktno prosleđuje ka svim pasivnim korelatorima, a da bi se minimizirala verovatnoća lažnih alarma, potrebno je da međukorelacione osobine primenjenih PS sekvenci budu što bolje. Pri izboru optimalnog skupa PS sekvenci za zaštitu upravljačkog signala BL treba voditi računa o oba pomenuta aspekta.

## Izbor PS sekvenci za kodiranje upravljačkog signala BL

Svaki od  $(N+1)$  segmenata upravljačkog signala BL se, zajedno sa pauzom koja mu prethodi, kodira istom PS sekvencom. Kako bi na izlazu pasivnog korelatora u odgovarajućoj grani prijemnika pojava vrha autokorelacione funkcije nastupila istovremeno sa početkom impulsa, trajanje perioda svih  $(N+1)$  primenjenih PS sekvenci odabrano je tako da bude jednako trajanju signala pauze (0,3 ms). Vrednost ostvarenog procesnog pojačanja predstavlja osnovni kriterijum pri izboru dužine PS sekvenci. Usvojeno je da se koriste PS sekvence dužine  $L = 255$ , pa vrednost osnovne učestanosti signala takta koji se koristi pri generisanju PS se-



kvenci iznosi  $f_c = 255/0.3 \cong 0.85MHz$ . To znači da je procesno pojačanje  $PG = 10 \cdot \log 255 \cong 24dB$ , što je dovoljno sa stanovišta zaštite upravljačkog signala BL [4].

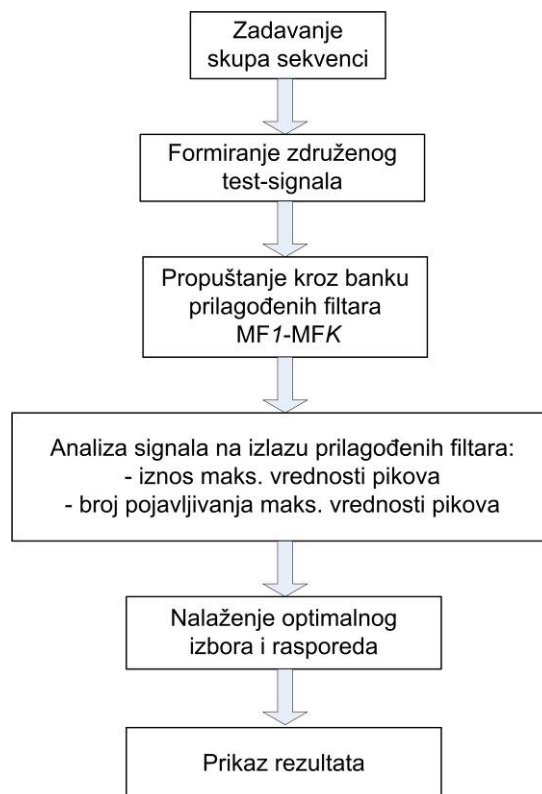
Ukupno trajanje impulsa (1–2 ms) i pauze koja mu prethodi podrazumeva ponavljanje svake primenjene PS sekvence između 3 i 6 puta. To znači da se i broj vrhova autokorelacione funkcije svake PS sekvence koji se pojavljuju na izlazu iz pasivnog korelatora u odgovarajućoj grani prijemnika pojavljuje isto toliko puta. Ovi vrhovi nalaze se na međusobnom rastojanju od 255 čipova, što procesor može da prati ukoliko su PS sekvence odabrane tako da njihove autokorelacione osobine budu dobre. Potencijalni problem predstavlja mogućnost pojave vrhova i u granama prijemnika u kojim se nalaze pasivni korelatori prilagođeni PS sekvencama različitim od one kojom je modulisan impuls koji se nalazi na ulazu u prijemnik, a koji potiču od neidealnih oblika funkcija međukorelacije PS sekvenci. Otuda međukorelacione osobine PS sekvenci predstavljaju dodatni kriterijum po kojem treba odabrati skup od (N+1) PS sekvenci za upotrebu u okviru radio-uređaja. U našem slučaju BL ima  $N = 5$  upravljajućih površina, što znači da je potrebno odabrati ukupno šest PS sekvenci za modulisanje svakog od šest segmenata upravljačkog signala.

Pri izboru PS sekvenci za kodiranje dolaze u obzir različite klase sekvenci [9,10]: linearne sekvence maksimalne dužine (m-sekvence), Goldove sekvence i Kasamijeve sekvence. Budući da broj PS sekvenci u klasama koje treba analizirati može biti relativno veliki, izračunavanje svih funkcija autokorelacije i međukorelacije PS sekvenci iz tri pomenute klase može se uspešno obaviti samo pomoću računara. Sa tim ciljem razvijen je računarski program čiji je algoritam rada opisan u nastavku ovog poglavlja. Kao razvojno okruženje za realizaciju softvera upotrebljen je programski paket MATLAB.

### *Algoritam za automatsku selekciju PS sekvenci*

Strukturu upravljačkog signala BL odlikuje pravilnost u rasporedu sinhroimpulsa i N kanala. To znači da je raspored pojavljivanja primenjenih PS sekvenci na prijemu unapred poznat, jer se svaki segment upravljačkog signala kodira uvek istom, jedinstvenom sekvencom. Pojava lažnih alarma usled izraženih vrhova funkcije međukorelacije je stoga potencijalno opasna tek ukoliko do nje dolazi u kanalu u kojem se nalazi filter prilagođen „prvoj narednoj“ sekvenci u odnosu na tekuću (onu koja odgovara segmentu signala koji se trenutno nalazi na ulazu u predajnik). U suprotnom, procesor je u stanju da detektuje pojavu odstupanja od očekivanog rasporeda PS sekvenci i lažni alarm prepozna i odbaci kao

takav. Dakle, samo susedne PS sekvence u nizu treba da poseduju što je moguće bolje međukorelacione osobine, što upravo predstavlja zadatak za program koji je razvijen – da izvrši analizu funkcija međukorelacije svih uređenih parova iz zadatog skupa PS sekvenci, i odabere onih šest kod kojih se međukorelacione funkcije uzajamno susednih odlikuju vrhovima najnižih mogućih vrednosti, i to u optimalnom rasporedu. Algoritam rada programa prikazan je na sl. 3.



Slika 3 – Algoritam za automatsku analizu i klasifikaciju PS sekvenci iz zadatog skupa

Na samom početku programa neophodno je uneti skup PS sekvenci koje se analiziraju. Zatim se formira tzv. združeni test-signal: niz nastao konkatencijom (nadovezivanjem) svih sekvenci koje se analiziraju, a koji je namenjen propuštanju kroz filtre prilagođene svakoj od sekvenci ponosob, radi analize uticaja svih sekvenci iz skupa na svaki prilagođeni filter, tj. generisanje svih mogućih funkcija međukorelacije. Pri formiranju test-signala svaka sekvenca se ponavlja po četiri puta, kako bi dobijeni rezultati što približnije odgovarali situaciji koja se realno očekuje (3 do 6 uzastopnih ponavljanja svake PS sekvence u nizu).

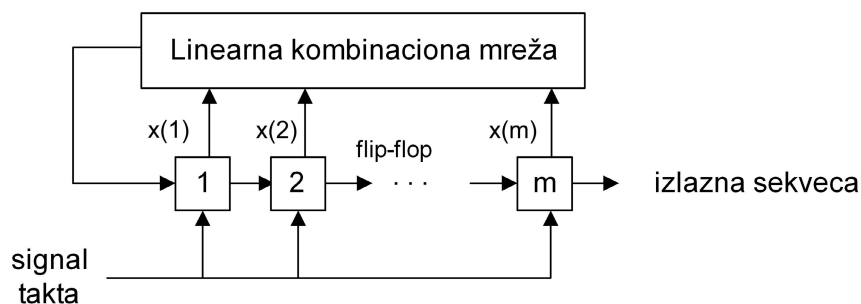
Nakon propuštanja test-signalâ kroz pasivne korelatore (ukoliko ukupan broj PS sekvenci koje se pomoću softvera analiziraju označimo sa  $K$ , pasivni korelatori se formiraju u vidu  $K$  prilagođenih filtara, označenih kao MF1 do MFK), program analizira signale dobijene na izlazu filtara deo po deo, i izračunava maksimalne vrednosti vrhova na segmentima izlaznih signala koji odgovaraju pojedinim sekvencama u test-signalu. Maksimalne vrednosti vrhova opisuju nivo „nepodobnosti“ strukture određene PS sekvence za određeni filter, što se opisuje numerički. Takođe, treba uočiti i razliku među funkcijama međukorelacije koje su karakterisane identičnim maksimalnim vrednostima vrhova, jer su sa aspekta detekcije nepogodnije one kod kojih se najviši vrhovi pojavljuju češće. Pri određivanju maksimalnih vrednosti funkcije međukorelacije softver dodaje na numerički izračunatu vrednost izvestan iznos, jednak proizvodu broja pojavljivanja maksimalne vrednosti vrha međukorelacije i težinskog faktora. Težinski faktor služi za adekvatno skaliranje člana sume koji opisuje frekventnost pojava maksimalnih vrhova. Njegovu vrednost treba odabrati tako da korekcija koja se čini ne ugrozi dominantnost maksimalne vrednosti vrhova pri formiranju sume. Vrednost težinskog faktora koju treba odabrati zavisi od klase PS sekvenci koje se analiziraju, tj. mogućih maksimalnih vrednosti vrhova svih međukorelacionih funkcija. Na osnovu iskustva određeno je da vrednost težinskog faktora bude 0,0001 u slučaju PS sekvenci analiziranih u ovom radu, jer je to sasvim dovoljno za potrebe analize, i ta vrednost je usvojena u programskom rešenju.

Zatim se pristupa analizi svih mogućih izbora šest PS sekvenci iz kompletnog skupa, u svim mogućim permutacijama, i traži se ona kombinacija izbor/raspored PS sekvenci koja rezultuje najmanjom mogućom sumarnom vrednošću ekvivalentnog nivoa maksimalnih vrhova međukorelacije kod susjednih sekvenci. Na samom kraju, program ispisuje korisniku redne brojeve PS sekvenci koje predstavljaju optimalan izbor, u odgovarajućem poretku. Radi vizuelnog uvida u ostvareni zaključak, na ekranu se prikazuju signali dobijeni na izlazu svih pasivnih korelatora. Istovremeno se prikazuju i sve određene numeričke vrednosti ekvivalentnih maksimalnih nivoa međukorelacije. Opisani softver upotrebljen je za analizu sekvenci iz različitih klasa sekvenci, radi određivanja optimalnog izbora sekvenci za zaštitu upravljačkog signala BL, sa aspekta specifičnih potreba opisanog sistema.

### *Linearne PS sekvence maksimalne dužine*

Dobre autokorelacione osobine linearnih sekvenci maksimalne dužine ( $m$ -sekvence) upućuju na zaključak da upotreba ove klase PS sekvenci može biti dobar izbor. Jednostavna struktura generatora linearnih sekvenci, u vidu pomeračkog registra sa povratnim spregama, predstavlja dodatni motiv za izbor ovih sekvenci. Generatori linearnih PS se-

kvenci se jednostavno realizuju, jer se u kolu povratne sprege nalaze samo EX-ILI i u potpunosti se izbegava upotreba memorija za skladištenje look-up tabela iz kojih se sekvence čitaju sinhrono sa sistemskim taktom, što je nezaobilazan pristup pri realizaciji kompleksnih sekvenci koje je komplikovano formirati direktno. Tipičan izgled linearnog pomeračkog registra prikazan je na sl. 4.



Slika 4 – Generator linearnih PS sekvenci sa m ćelija.

Ukupno postoji 16 m-sekvenci precizirane dužine  $L = 255$ , koje se realizuju pomoću pomeračkog registra dužine  $m = 8$  i različitih struktura povratne sprege sastavljene od EX-ILI kola. Ove strukture su opisane pomoću generišućih polinoma koji su prikazani u tab. 1 [9].

Tabela 1

m-sekvence dužine  $L = 255$

Oktalni kod povr. sprege	Način formiranja povr. sprege	Redni broj (oznaka)
435	$x(8)+x(4)+x(3)+x(2)$	9
453	$x(8)+x(5)+x(3)+x(1)$	10
455	$x(8)+x(5)+x(3)+x(2)$	11
515	$x(8)+x(6)+x(3)+x(2)$	12
537	$x(8)+x(6)+x(4)+x(3)+x(2)+x(1)$	13
543	$x(8)+x(6)+x(5)+x(1)$	14
545	$x(8)+x(6)+x(5)+x(2)$	6
551	$x(8)+x(6)+x(5)+x(3)$	5
561	$x(8)+x(6)+x(5)+x(4)$	4
607	$x(8)+x(7)+x(2)+x(1)$	15
615	$x(8)+x(7)+x(3)+x(2)$	3
651	$x(8)+x(7)+x(5)+x(3)$	2
703	$x(8)+x(7)+x(6)+x(1)$	1
717	$x(8)+x(7)+x(6)+x(3)+x(2)+x(1)$	16
747	$x(8)+x(7)+x(6)+x(5)+x(2)+x(1)$	7
765	$x(8)+x(7)+x(6)+x(5)+x(4)+x(2)$	8

Kao rezultat analize PS sekvenci iz posmatranog skupa realizovani softver prikazuje optimalni izbor i raspored m-sekvenci dužine  $L = 255$ , opisanih rednim brojevima (tab. 1):

$$1, 15, 16, 6, 12, 7. \quad (1)$$

Ukoliko PS sekvence iz prethodne liste označimo kao  $PS_0 - PS_5$ , respektivno, pomoću realizovanog softvera mogu se odrediti vrednosti vrhova korelacije odabranih sekvenci. Ove vrednosti prikazane su u tab. 2. Kao što se može uočiti iz ove tabele, normalizovane vrednosti vrhova autokorelacije pojedinačnih sekvenci iznose 1, dok su vrednosti vrhova međukorelacije susednih sekvenci izrazito niske (oko 0,1216) – višestruko niže od maksimalnih vrednosti vrhova međukorelacije m-sekvenci odabrane dužine, koje iznose 0,3725 [10].

Izgled signala na izlazu iz korelatora prikazan je na sl. 5. Kao što se može uočiti sa ove slike, rezultat konvolucije impulsnog odziva svakog od filtara prilagođenih pojedinačnim PS sekvencama i segmenta ulaznog signala kodiranog PS sekvencom čijoj je strukturi filter prilagođen, rezultuje pojavom izraženih autokorelacionih vrhova (u seriji po 4, koliko se puta i sekvenca ponavlja), dok prolazak segmenata signala kodiranih drugim PS sekvencama rezultuje pojavom vrhova međukorelacije. Sa sl. 5 može se uočiti da su nivoi vrhova međukorelacije parova odabranih susednih PS sekvenci (1–15, 15–16, ..., 7–1) zaista minimalni: npr. odziv filtra MF1 na segment koji potiče od sekvence 15 evidentno je nižih amplituda u odnosu na odzive istog filtra na sekvence 14 i 16 (sl. 5, gore levo).

Sve vrednosti prikazane u tab. 2 određene su bez uzimanja u obzir tzv. „tranzicionog šuma“ korelatora, koji nastaje tokom tranzicija susednih PS sekvenci u svim pasivnim korelatorima [11]. Svi proračuni koji slede biće izrađeni pod istom pretpostavkom.

Tabela 2

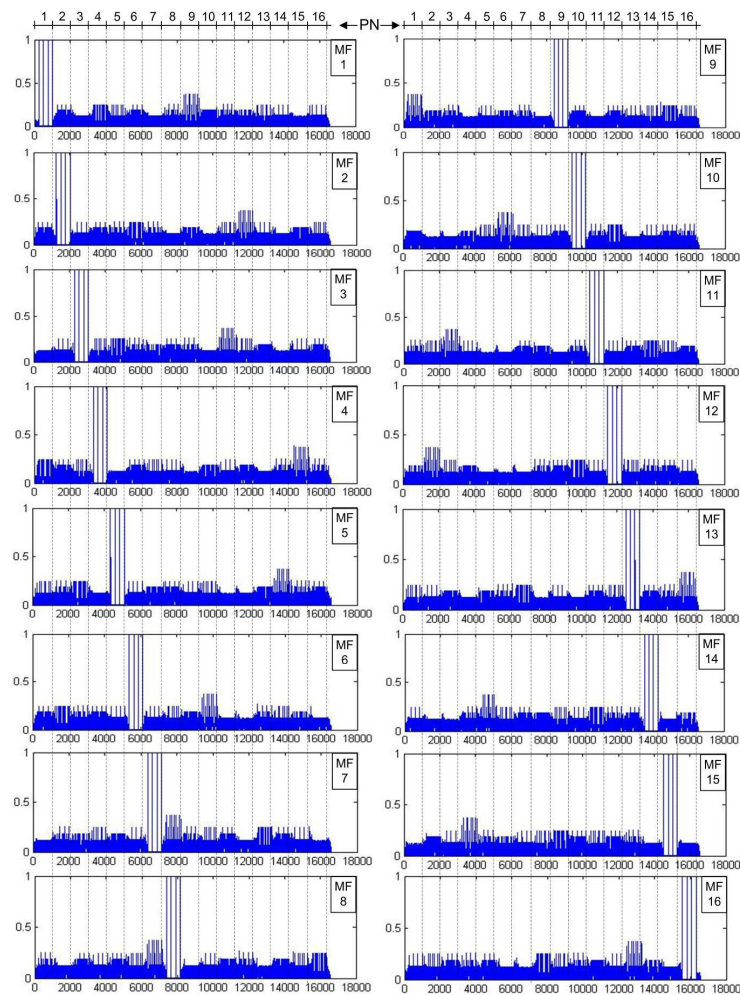
Vrednosti vrhova korelacije odabranih m-sekvenci dužine  $L = 255$

	$PS_0$	$PS_1$	$PS_2$	$PS_3$	$PS_4$	$PS_5$
$PS_0$	1,000	<b>0,1216</b>	0,2471	0,2471	0,1843	0,1216
$PS_1$	0,1216	1,000	<b>0,1216</b>	0,1843	0,2471	0,2471
$PS_2$	0,2471	0,1216	1,000	<b>0,1216</b>	0,2471	0,1216
$PS_3$	0,2471	0,1843	0,1216	1,000	<b>0,1216</b>	0,2471
$PS_4$	0,1843	0,2471	0,2471	0,1216	1,000	<b>0,1216</b>
$PS_5$	<b>0,1216</b>	0,2471	0,1216	0,2471	0,1216	1,000

## Goldove sekvence

Goldove sekvence predstavljaju veliki skup PS sekvenci dobrih međukorelacionih karakteristika [12]. Goldove sekvence dužine  $L = 2^m - 1$  formiraju se na osnovu odabranog para sekvenci  $u$  i  $v$ , dužine  $L$ , koje se nazivaju „preferiranim parom“ sekvenci. Dve sekvence  $u$  i  $v$  čine preferirani par ukoliko zadovoljavaju uslov da su  $m$ -sekvence, čija međukorelaciona funkcija ima samo tri vrednosti:  $-1$ ,  $-t(m)$  i  $t(m)-2$ , gde  $t(m)$  predstavlja vrednost:

$$t(m) = 1 + 2^{(m+2)/2} \quad (2)$$



Slika 5 – Signali na izlazu pasivnih korelatora MF1...MF16 (segmenti signala koji potiču od različitih PS sekvenci podeljeni su isprekidanim linijama)

Skup Goldovih sekvenci izvedenih iz odabranog preferiranog para  $G(u, v)$  definiše se na sledeći način:

$$G(u, v) \triangleq u, v, u \oplus v, u \oplus Tv, u \oplus T^2v, \dots, u \oplus T^{L-1}v, \quad (3)$$

gde  $T$  predstavlja operator cikličnog pomeranja vektora za jedno mesto ulevo, a  $\oplus$  označava sabiranje po modulu 2 (EX-ILI operacija). Preferirani parovi PS sekvenci postoje samo za one dužine PS sekvenci za koje ne važi  $m \equiv 0 \pmod{4}$  ([13], [14]). Međutim, metoda za generisanje PS sekvenci data formulom (3) može se primeniti i kada važi  $m \equiv 0 \pmod{4}$ . U [10] se ove sekvence nazivaju sekvencama „nalik Goldovim sekvencama“ (*Gold-like*) i navodi se da maksimalna vrednost vrha međukorelacije ovih sekvenci iznosi koliko i kod Goldovih sekvenci:  $t(m)$ . U slučaju PS sekvenci dužine  $L=255$  (tj.  $m = 8$ ) izraz (2) daje vrednost  $t(8) = 33$ , tj. odgovarajuća normalizovana maksimalna vrednost vrha međukorelacije iznosi 0,1294.

Međutim, vrednosti međukorelacije  $m$ -sekvenci koje je softver izabrao kao optimalno rešenje, prikazane u tab. 2, upućuju na sledeći zaključak: polazeći od para susednih sekvenci iz izraza (1), i primenjujući metod formiranja dat izrazom (2), moguće je generisati skup od  $L+2$  sekvence čije maksimalne vrednosti vrha međukorelacije iznose koliko i kod polaznih PS sekvenci: 0,1216. Primenjujući ovaj pristup, PS sekvence označene rednim brojevima 1 i 15 u tab. 1 uzimamo za  $u$  i  $v$ , a zatim određujemo prvih 6 PS sekvenci po pravilu (3), dodeljujući im oznake  $PS_0 - PS_5$ , respektivno. Vrednosti vrhova korelacije na ovaj način dobijenih PS sekvenci, izračunate pomoću realizovanog softvera, prikazane su u tab. 3. Prema očekivanju, vrednosti vrhova međukorelacije svih PS sekvenci iznose 0,1216.

Dakle, sa aspekta primenjivosti u okviru opisanog sistema za zaštitu kontrolnog signala BL, međukorelacione osobine formiranog skupa sekvenci nalik Goldovim sekvencama su podjednako dobre kao i osobine ranije odabranih  $m$ -sekvenci, jer su od interesa samo međukorelacije parova susednih sekvenci. Međutim, samo polazne PS sekvence (prve dve) iz novoformiranog skupa poseduju autokorelacione karakteristike  $m$ -sekvenci, dok kod svih ostalih sekvenci nalik Goldovim sekvencama postoje i vrhovi autokorelacije visine 0,1216, pored jediničnih, što je očekivan rezultat, [13,14]. Stoga se može zaključiti da primena odabranih  $m$ -sekvenci u ovom specifičnom slučaju predstavlja bolje rešenje. Za razliku od primene sekvenci nalik Goldovim, primena  $m$ -sekvenci iz odabranog skupa pruža mogućnost smanjenja vrednosti praga odlučivanja tokom procesa verifikacije (nakon detekcije prvog vrha autokorelacije), koja rezultuje pouzdanijom detekcijom.

Dobijeni rezultat je posledica specifičnih karakteristika opisanog sistema: posmatranja samo „prvog narednog“ kanala i korekcije praga od-

lučivanja tokom verifikacije. U klasičnom pristupu problemu detekcije, međukorelacione osobine m-sekvenci bile bi kvalifikovane kao generalno lošije u odnosu na Goldove, a njihove dobre autokorelacione osobine ne bi predstavljale tako značajnu prednost. Pogodnost odabranog skupa m-sekvenci proizlazi iz specifičnosti strukture ovih sekvenci: kod njih važi  $m \equiv 0 \pmod{4}$ , i njihove međukorelacione funkcije imaju samo četiri međusobno različite vrednosti, neuobičajeno niske maksimalne vrednosti vrha međukorelacije  $t(m)-2$  (tj. 31 za  $m = 8$ , što iznosi 0,1216 nakon normalizacije). U [10] se ove sekvence nazivaju „sekvencama teoreme 2“, koju je prvi formulisao Niho [15].

Tabela 3

Vrednosti vrhova korelacije formiranih „sekvenci nalik Goldovim sekvencama“ dužine  $L = 255$

	<b>PS<sub>0</sub></b>	<b>PS<sub>1</sub></b>	<b>PS<sub>2</sub></b>	<b>PS<sub>3</sub></b>	<b>PS<sub>4</sub></b>	<b>PS<sub>5</sub></b>
<b>PS<sub>0</sub></b>	1,000	<b>0,1216</b>	0,1216	0,1216	0,1216	0,1216
<b>PS<sub>1</sub></b>	0,1216	1,000	<b>0,1216</b>	0,1216	0,1216	0,1216
<b>PS<sub>2</sub></b>	0,1216	0,1216	1,000	<b>0,1216</b>	0,1216	0,1216
<b>PS<sub>3</sub></b>	0,1216	0,1216	0,1216	1,000	<b>0,1216</b>	0,1216
<b>PS<sub>4</sub></b>	0,1216	0,1216	0,1216	0,1216	1,000	<b>0,1216</b>
<b>PS<sub>5</sub></b>	<b>0,1216</b>	0,1216	0,1216	0,1216	0,1216	1,000

Kao dodatak svemu navedenom, napomenimo još i da je rezultat primene procedure opisane izrazom (3) interesantan, jer je nešto bolji od onog koji se očekuje u skladu sa [10].

### *Kasamijeve sekvence*

Kasamijeve sekvence predstavljaju klasu PS sekvenci sa još boljim međukorelacionim osobinama u odnosu na Goldove sekvence [12]. Štaviše, maksimalne vrednosti vrhova međukorelacije Kasamijevih sekvenci odgovaraju tzv. Welchovoj donjoj granici [16], što čini Kasamijeve sekvence optimalnim u smislu međukorelacionih svojstava. U primenama kod kojih su dobre međukorelacione osobine sekvenci od naročitog interesa (poput CDMA sistema) Kasamijeve sekvence se retko primenjuju, jer je njihov broj nedovoljan – oko  $2^{m/2}$  puta manji od broja Goldovih sekvenci identične dužine. Međutim, kako u sistemu za zaštitu upravljačkog signala BL opisanog u ovom tekstu postoji potreba za strogo ograničenim brojem od  $N + 1 = 6$  PS sekvenci, primena Kasamijevih sekvenci dužine  $L = 255$  svakako jeste jedna od opcija.

„Mali skup Kasamijevih sekvenci“, koje poseduju optimalne vrednosti vrhova međukorelacije, formira se na sledeći način [17]:

$$K_s(u) \triangleq \{u, u \oplus \omega, u \oplus T\omega, u \oplus T^2\omega, \dots, u \oplus T^{2^{m/2}-2}\omega\} \quad (4)$$



gde  $\omega$  predstavlja PS sekvencu dobijenu decimacijom m-sekvence  $u$  za  $2^{m/2} + 1$ ,  $T$  predstavlja operator cikličnog pomeranja vektora za jedno mesto ulevo, a  $\oplus$  označava sabiranje po modulu 2. Maksimalna vrednost vrhova međukorelacije Kasamijevih sekvenci iznosi  $1 + 2^{m/2}$ , a PS sekvenci iz ovog skupa ima ukupno  $2^{m/2}$ . U razmatranoj primeni PS sekvenci za zaštitu upravljačkog signala BL od interesa je slučaj  $m = 8$ , što znači da postoji ukupno 16 PS sekvenci željene dužine koje se mogu formirati u skladu sa izrazom (4).

U analiziranom sistemu angažuje se 6 PS sekvenci; polazeći od sekvence označene rednim brojem 1 u tab. 1. To je sekvenca  $u$  za izraz (4), te određivanjem prvih 6 PS sekvenci iz formule za formiranje Kasamijevih sekvenci dobijamo novi skup PS sekvenci  $PS_0 - PS_5$ , respektivno. Vrednosti vrhova korelacije na ovaj način dobijenih PS sekvenci, izračunate pomoću realizovanog softvera, prikazane su u tab. 4. Vrednosti vrhova međukorelacije svih sekvenci odgovaraju očekivanim maksimumima međukorelacije Kasamijevih sekvenci:  $1 + 2^{m/2} \Big|_{m=8} = 17$ , tj. 0,0667 nakon normalizacije.

Tabela 4

Vrednosti vrhova korelacije formiranih Kasamijevih sekvenci dužine  $L = 255$

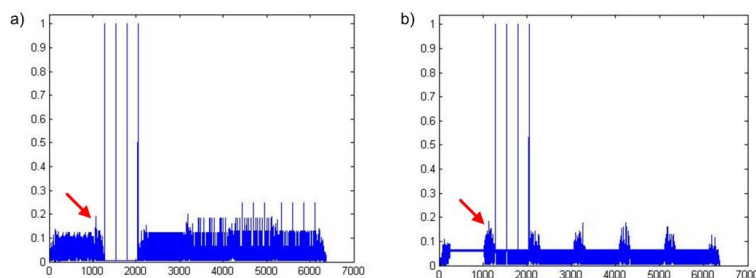
	<b>PS<sub>0</sub></b>	<b>PS<sub>1</sub></b>	<b>PS<sub>2</sub></b>	<b>PS<sub>3</sub></b>	<b>PS<sub>4</sub></b>	<b>PS<sub>5</sub></b>
<b>PS<sub>0</sub></b>	1,000	<b>0,0667</b>	0,0667	0,0667	0,0667	0,0667
<b>PS<sub>1</sub></b>	0,0667	1,000	<b>0,0667</b>	0,0667	0,0667	0,0667
<b>PS<sub>2</sub></b>	0,0667	0,0667	1,000	<b>0,0667</b>	0,0667	0,0667
<b>PS<sub>3</sub></b>	0,0667	0,0667	0,0667	1,000	<b>0,0667</b>	0,0667
<b>PS<sub>4</sub></b>	0,0667	0,0667	0,0667	0,0667	1,000	<b>0,0667</b>
<b>PS<sub>5</sub></b>	<b>0,0667</b>	0,0667	0,0667	0,0667	0,0667	1,000

Kao što se može uočiti iz tab. 4, međukorelacione osobine Kasamijevih sekvenci su dvostruko bolje u odnosu na međukorelacione osobine odabranog skupa m-sekvenci, sa aspekta analizirane primene PS sekvenci. Međutim, autokorelacione osobine m-sekvenci su bolje. Samo prva (polazna) PS sekvenca iz formiranog skupa Kasamijevih sekvenci poseduje autokorelacione osobine m-sekvenci, dok kod svih ostalih postoje i vrhovi autokorelacije visine 0,0667, pored jediničnog, što zahteva viši prag odlučivanja tokom verifikacije, a time se smanjuje verovatnoća detekcije. Dakle, izbor između odabranog skupa m-sekvenci i skupa Kasamijevih sekvenci, za potrebe primene u okviru analiziranog sistema, treba izraditi na osnovu detaljne analize potencijalnog dobitka u vidu smanjenja verovatnoće lažnog alarma i potencijalnog gubitka u vidu smanjenja verovatnoće detekcije, i obratno. Eventualna upotreba Kasamijevih sekvenci rezultira većom verovatnoćom detekcije prvog vrha autokorelacije, dok je verifikacija prisustva signala u određenom kanalu prijemnika pouzdanija ukoliko se koriste m-sekvence. U klasičnom pristupu problemu detekcije pomenuta dilema

ne postoji i prednost bi nedvosmisleno bila na strani Kasamijevih sekvenci. U slučaju primene Kasamijevih sekvenci u opisanom sistemu prvu (polaznu) sekvencu svakako treba pridružiti sinhroimpulsu upravljačkog signala BL, kako bi se obezbedili maksimalno pogodni uslovi za inicijalnu detekciju signala i uspešan početak rada opisanog algoritma u prijemniku.

## Uticao tranzicionog šuma korelatora na izbor skupa PS sekvenci

Prethodna analiza pokazuje da dobre međukorelacione osobine Kasamijevih sekvenci predstavljaju značajnu prednost pri konačnom izboru skupa PS sekvenci za primenu u opisanom sistemu. Mogućnost primene znatno niže vrednosti praga odlučivanja pri detekciji prvog vrha, pri specifikovanoj fiksnoj vrednosti lažnog alarma, rezultira veoma pouzdanom detekcijom prvog vrha. Međutim, prilikom izvođenja velikog broja eksperimenata korišćenjem softvera za analizu korelacionih osobina PS sekvenci opisanih u ovom radu, uočena je pojava kojoj se, najčešće, ne pridaje suštinska važnost pri analizi korelacionih osobina PS sekvenci. Reč je o „tranzicionom šumu korelatora“. Ovaj termin koristimo za opisivanje signala na izlazu iz korelatora pri tranzicionim stanjima, kada se segmenti različitih (uzastopnih) PS sekvenci istovremeno nalaze unutar prilagođenog filtra. Tranzicioni šum korelatora se matematički tretira kao slučajni proces Gausovske raspodele, nezavisno od primenjenog skupa PS sekvenci [11]. Rezultujući signal na izlazu korelatora, kako izvedeni testovi pokazuju, po vrednosti može nadmašiti izračunate maksimume vrhova međukorelacije susednih PS sekvenci, kako u slučaju m-sekvenci, tako i u slučaju Kasamijevih sekvenci. Opisana pojava prikazana je na sl. 6, gde su uporedo prikazani signali na izlazu pasivnog korelatora MF2, pobuđenog test-signalom koji se formira na osnovu odabranog skupa PS sekvenci  $PS_0 - PS_5$ , u slučaju primene m-sekvenci i u slučaju primene Kasamijevih sekvenci.



Slika 6 – Pojava tranzicionog šuma korelatora u slučaju primene:  
a) m-sekvenci; b) Kasamijevih sekvenci

Sa sl. 6 se jasno može uočiti da je pojava tranzicionog šuma korelatora dominantna u odnosu na nivo međukorelacione funkcije u oba posmatrana skupa PS sekvenci. Stoga se nameće zaključak da vrednost praga odlučivanja pri detekciji prvog vrha treba dimenzionisati upravo u odnosu na nivo tranzicionog šuma korelatora, a ne u odnosu na vrednosti međukorelacija.

Kao što se iz prethodnog razmatranja može uočiti, potencijalna prednost upotrebe Kasamijevih sekvenci definitivno gubi na značaju. Vrednost praga pri detekciji prvog vrha autokorelacione funkcije PS sekvenci određuje se nezavisno od primenjene klase PS sekvenci, dok dobre autokorelacione osobine m-sekvenci omogućavaju da se tokom procesa verifikacije, koji neposredno sledi nakon detekcije prvog vrha, vrednost praga spusti na nižu vrednost nego u slučaju primene Kasamijevih sekvenci ( sl. 6 ). Dakle, iz navedenog se može izvesti nedvosmislen zaključak da upotreba m-sekvenci u specifičnom kontekstu opisanog sistema za zaštitu upravljačkog signala BL predstavlja optimalno rešenje.

## Zaključak

U radu su analizirane korelacione osobine PS sekvenci dužine 255 iz tri najčešće korišćene klase PS sekvenci, radi ocene adekvatnosti njihove primene za zaštitu upravljačkog signala BL. Realizovan je softver koji omogućava automatizovanu analizu autokorelacionih i međukorelacionih osobina PS sekvenci iz zadatog skupa. Na osnovu rezultata sprovedene analize može se zaključiti da je za zaštitu upravljačkog signala BL najpogodnije da se koristi skup linearnih sekvenci maksimalne dužine, tzv. m-sekvence. Odabrani skup m-sekvenci ima najbolje autokorelacione osobine, dok su međukorelacione osobine jednako dobre kao u slučaju Goldovih sekvenci. Pored navedenih prednosti treba naglasiti da je i realizacija generatora m-sekvenci najjednostavnija.

## Literatura

- [1] Valavanis, K. P. (Ed.): *Advances in Unmanned Aerial Vehicles*, Springer, 2008.
- [2] Technical Note – The Model Electronics Company, MTN004, Issue 1.1, 2007.
- [3] Torrieri, D.: *Principles of Spread-Spectrum Communication Systems*, Springer, 2005.
- [4] Todorović, B. M., Popović, N. V., Šunjevarić, M. M.: „Konceptija UVF radio-uređaja koji koristi tehniku proširenog spektra“, *Zbornik radova 16. telekomunikacionog foruma (TELFOR)*, Beograd, 2008.
- [5] Tasić, S., Todorović, B. M., Mitrović, N.: „Jedno rešenje frekvencijskog sintetizatora UVF radio-uređaja koji koristi tehniku proširenog spektra metodom direktne sekvence“, *Zbornik radova konferencije ETRAN 2009*, Vrnjačka Banja, 2009.

- [6] Gajić, Ž., Todorović, B. M., Orlić, V.: „Generisanje upravljačkog signala bespilotne letelice koji je zaštićen primenom tehnike proširenog spektra metodom direktne sekvence“, *Zbornik radova konferencije ETRAN 2009*, Vrnjačka Banja, 2009.
- [7] Todorović, B. M. and Orlić, V. D.: „Direct Sequence Spread Spectrum Scheme for an Unmanned Aerial Vehicle PPM Control Signal Protection“, *IEEE Communications Letters*, vol. 13, no. 10, October 2009, pp. 727–729.
- [8] Todorović, B. M. and Orlić, V. D.: „An Application of Direct Sequence Spread Spectrum to Unmanned Aerial Vehicle PPM Control Signal Protection“, *Proc. of IEEE Conference TELSIS 2009*, Niš, 2009.
- [9] Golomb, S. W.: *Shift Register Sequences*, Holden-Day Inc., San Francisco, 1967, p. 62
- [10] Sarvate, D. V. and Pursley, M. B.: „Crosscorrelation Properties of Pseudorandom and Related Sequences“, *Proc. of the IEEE*, vol. 68, no. 5, May 1980, pp. 593–619.
- [11] Jovanović, V. M. and Sousa, E. S.: „Analysis of Non-Coherent Correlation in DS/BPSK Spread Spectrum Acquisition“, *IEEE Trans. Communications*, vol. 43, no. 2,3,4, 1995, pp. 565–573.
- [12] Proakis, J. G.: *Digital Communications*, 4<sup>th</sup> ed, New York, McGraw Hill, 2001.
- [13] Gold, R.: “Optimal Binary Sequences for Spread Spectrum Multiplexing”, *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 13, October 1967, pp. 619–621.
- [14] Gold, R.: „Maximal Recursive Sequences with 3-Valued Recursive Cross Correlation Functions“, *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 14, January 1968, pp. 154–156.
- [15] Niho, Y.: “Multi-valued cross-correlation functions between two maximal linear recursive sequences”, Ph. D. dissertation, Dept. Elec. Eng., Univ. Southern California, 1972.
- [16] Welch, L. R.: “Lower Bounds on the Maximum Cross Correlation of Signals”, *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 20, May 1974, pp. 397–399.
- [17] Kasami, T.: “Weight Distribution Formula for Some Class of Cyclic Codes”, Coordinated Science Laboratory, Univ. of Illinois, Urbana, Tech. Report no. R-285, May 1991.

#### ANALYSIS OF CORRELATION PROPERTIES OF PSEUDORANDOM SEANCES OF LENGTH 255 FOR THE UAV CONTROL SIGNAL PROTECTION

##### Summary:

*The Direct Sequence Spread Spectrum technique represents an effective method for unmanned aerial vehicle (UAV) control signal protection. Signal protection is obtained by applying pseudorandom (PR) sequences within a transmitter, known by a receiver, but unknown to an unaut-*

horised user. In order to achieve reliable signal transmission, PR sequences ought to have good autocorrelation properties. If the signal transmission is realized by using several PR sequences, their crosscorrelation properties are of high importance as well. In this paper autocorrelation and crosscorrelation properties of PR sequences of length 255 are analyzed. Three most frequently used classes of PR sequences: linear maximum length, Gold and Kasami sequences are considered. An optimal set of PR sequences for UAV control signal protection is recommended.

#### Introduction

Unmanned aerial vehicles (UAVs) have recently reached high levels of growth in diverse military and civilian application domains. UAVs come in two varieties: some are controlled from a remote location while the others fly autonomously based on pre-programmed flight plans. There are several UAV remote control systems. One of the most widely used is the binary pulse position modulation (PPM) control system. The UAV PPM control signal consists of data frames. Each of them contains a synchronizing pulse followed by a number of shorter pulses which is equal to the number of channels  $N$ . At the beginning of any pulse is the pause long 0.3 ms. A PPM signal can be protected against jamming and unauthorised detection by using the direct sequence spread spectrum technique. Each of  $(N+1)$  segments of the UAV control signal, along with the preceeded pause, is coded by the same pseudorandom sequence. It means that  $(N+1)$  pseudorandom sequences is used, where  $N$  is varied from 4 to 8, but typically is equal to 5.

#### Choice of PR sequences for UAV control signal coding

Good autocorrelation properties of PR sequences are of high importance for the accurate functioning of a receiver. Besides, in order to minimize probability of false alarms, good crosscorrelation properties of applied PR sequences should be as good as possible.

#### Algorithm for automated selection of PR sequences

The algorithm and the softver for analysis of different classes of PR sequences are described.

#### Linear maximum length PR sequences

This class of PR sequences has optimal autocorrelation properties. Additionally, the structure of its generator is very simple since it is realized by using the shift register with linear feedback.

#### Gold sequences

Crosscorrelation properties of Gold sequences are as good as those of linear maximum length PR sequences. However, only two sequences from the set of Gold sequences have ideal autocorrelation properties while the others have autocorrelation peaks 0.1216 high, besides the main peak.

### *Kasami sequences*

*Crosscorrelation properties of the Kasami sequences are significantly better in comparison to the linear maximum length PR sequences. On the other hand, the autocorrelation properties of the linear maximum length PR sequences are better. Only one sequence from the set of the Kasami sequences has ideal autocorrelation properties, while the others have autocorrelation peaks 0,0667 high, besides the main peak.*

### *Impact of correlator transient noise on the choice of the set of PR sequences*

*The software developed for the analysis of PR sequences correlation properties is used for a number of experiments. Correlator transient noise is identified as an important factor for the optimal set of PN sequences selection. Taking into account that factor, the choice of the linear maximum length PR sequences seems to be an optimal solution.*

### *Conclusion*

*In this paper the correlation properties of three most often used classes of PR sequences 255 chips long are examined. A software package for the aforementioned analysis is developed. The obtained results show that the maximum length PR sequences are an optimal solution for the protection of unmanned aerial vehicle control signals. They had the best autocorrelation properties, while the crosscorrelation properties are the same as in the case of Gold sequences.*

*Key words: radio-communication, transmission in spread spectrum, direct sequence, unmanned aerial vehicle, pseudorandom sequences, correlation*

Datum prijema članka: 11. 11. 2009.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 27. 01. 2010.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 29. 01. 2010.

# KARAKTERIZACIJA WCCo/NiCrBSi PREVLAKE OTPORNE NA HABANJE

Mrdak R. *Mihailo*, IMTEL – Institut za mikrotalasnu tehniku  
i elektroniku, Beograd

UDC: 544.023.22  
623.746.174-7

## Sažetak:

*U radu su analizirani mikrostruktura, mehaničke i tribološke karakteristike (APS) prevlake WCCoNiCrBSi koja se primenjuje za reparaciju cilindara nosne noge helikoptera. Tribološka procena prevlake određena je primenom tribometra blok-na-prstenu. Spregnuti materijal-blokovi sa prevlakom ispitani su na okaljenom i poboljšanom čeličnom prstenu. Za ukupno odstojanje od 3000 m bili su konstantna brzina 0,5 m/s i opterećenje 400 N. Prednost primene ove prevlake je u značajnom produženju resursa delova uz smanjenje troškova eksploatacije i održavanja.*

*Ključne reči: atmosferski plazma spreng (APS), mikrostruktura, mikro tvrdoća, čvrstoća spoja, interfejs, habanje klizanjem, frikcija.*

## Uvod

Plazma-sprej postupak je jedan od postupaka termičkog nanošenja prevlaka procesom raspršivanja koji ima široku primenu za dobijanje prevlaka sa povećanom otpornošću na habanje. Tokom postupka nanošenja neke, uglavnom krupnije čestice praha se ne istope u potpunosti, pre svega zbog kratkog vremena zadržavanja u plazmi. Oksidacija čestica praha, a samim tim i prevlake, takođe je prisutna s obzirom na to da je u pitanju postupak koji se obavlja u atmosferskim uslovima. Step en oksidacije i količina oksida u prevlaci određena je kinetičkom energijom i temperaturom čestica praha. Ove pojave prouzrokuju udeo pora u dobijenim prevlakama i do 20% [1, 2]. Korišćenjem poboljšanih uređaja za nanošenje prevlaka moguće je dobiti prevlake sa udelom pora ispod 3%, a sve radi povećanja homogenosti prevlake.

Različite vrste prahova legure NiCrBSi koriste se, u kombinaciji sa karbidima i metalima, za zaštitu i reparaciju delova od prekomernog habanja. Kombinacijom prahova WCCo i NiCrBSi i termičkim procesom raspršivanja u atmosferskim uslovima proizvode se prevlake koje se primenjuju za zaštitu metalnih delova izloženih habanju, abraziji, eroziji i koroziji do 540°C.

Prevlaka tipa WCCoNiCrBSi nastala je kao rezultat poboljšanja triboloških karakteristika prevlake tipa WC12Co. Prah tipa WCCo/NiCrBSi sastoji se od 50% finog sinterovanog praha WC-Co pomešanog sa finim prahom legure NiCrBSi [3, 4]. Leguri NiCr dodat je B i Si koji smanjuju temperaturu topljenja legure sa 1399°C na 1025°C [2]. Niža temperatura pretapanja legure pogodna je zbog osnove i zbog WC koji se ne pretapa i ne sme razgraditi u procesu pretapanja prevlake. Ovaj tip praha je specijalno razvijen za izradu prevlaka velike kohezije i adhezije čvrstoće koje su veoma guste, tvrde i glatke. Spada u grupu od nekoliko prevlaka koje su razvijene za pretapanje prevlake i difuziono spajanje prevlake sa osnovom u normalnoj atmosferi. Slojevi legure NiCrBSi izuzetno su otporni na habanje zbog malog koeficijenta trenja.

U mikrostrukturi slojeva WCCo prisutni su mikrokonstituenti tipa WC,  $W_2C$  i  $W_3C_3Co$  uglastog oblika koji su ravnomerno raspoređeni u osnovi legure WCo mikrotvrdoće od 1000 HV<sub>0,3</sub> [5]. U slojevima NiCrBSi su, uglavnom, prisutni precipitati tamne boje sa visokom koncentracijom hroma, kao što su hrom karbidi ( $Cr_7C_3$  ako je C ≈ 0,6% i  $Cr_3C_2$  ako je C > 0,8% i boridi nikla i hroma. Osnovna faza je čvrsti rastvor nikla ( $\gamma$ -Ni 71,9%), koji ima mali udeo Cr, nizak sadržaj Fe i visoku koncentraciju Si [2, 6, 7].

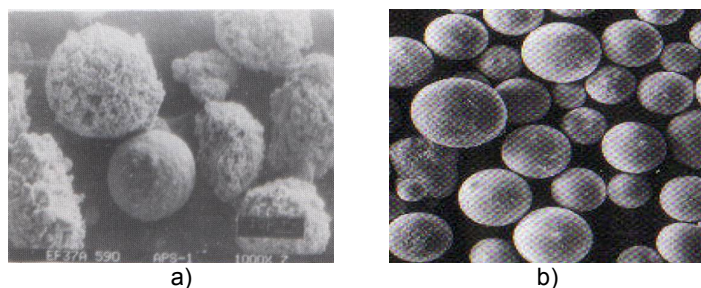
Za primene prevlake gde se zahteva veća otpornost na mehanička opterećenja radi se pretapanje i difuziono spajanje slojeva sa osnovom. Pretapanjem prevlake iznad 1025°C ostvaruje se metalurška veza između slojeva NiCrBSi i površine osnove. Gustina prevlake se povećava pošto nestaju mikropore. Pretapanjem slojeva ne menja se hemijski sastav prevlake. Razlika u strukturi odnosi se samo na morfologiju, veličinu i procenat prisutnih konstituenta [7]. Minimalna preporučena debljina prevlake za pretapanje je 0,3 mm. Maksimalna debljina slojeva koja može da se pretapa je od 0,5 mm do 0,6 mm [3]. Za prevlake velike debljine radi se predgrevanje osnove na temperaturi od 200°C, koja se u procesu nanošenja prevlake održava u opsegu od 200°C do 300°C. Male površine osnove ne treba predgreivati. Za vreme predgreivanja odstojanje osnove treba da bude od 100 mm do 125 mm. Pretapanje prevlake može da se radi na više načina. Jedan od načina je primena oksiacetilenskog plamena u peći za termičku obradu, indukcijom zagrevanjem uz pomoć induktora, a u poslednje vreme laserom [1]. Najkvalitetniji način pretapanja prevlake obezbeđuje laser. Karakteristike pretopljenih slojeva NiCrBSi zavise od ugla pretapanja. D. Felgueroso i drugi autori ustanovili su da najbolje karakteristike imaju slojevi pretopljeni pod uglom od 45°. Prevlake imaju sitnozrnu strukturu i veoma su guste i bez defekata. Najviše vrednosti habanja ustanovili su u prevlakama pretopljenim pod uglom od 90° [1]. Isti autori ustanovili su da se sa pretapanjem slojeva smanjuje prosečna vrednost hrapavost prevlake sa  $R_a = 3,39 \mu m$  na  $R_a = 0,56 \mu m$ , kao i debljina prevlake sa 0,4 mm na 0,36 mm [1]. Pre primene prevlaka neophodno je ispitati mikrostrukturne, mehaničke karakteristike prevlake i otpornosti na habanje u uslovima klizanja sa podmazivanjem ili bez podmazivanja.



Glavni cilj rada bio je karakterizacija strukturnih, mehaničkih i tribo-loških osobina prevlake WCCoNiCrBSi namenjene za reparaciju kliznih površina mašinskih delova u remontu vazduhoplova.

## Detalji eksperimenta i materijal

Za eksperiment je korišćen prah Metco 43F koji je smeša prahova WC12Co i NiCrBSi u odnosu 50% WC12Co i 50% NiCrBSi sa rasponom granulacije čestica praha od 15 do 90  $\mu\text{m}$ . Sadržaj legirajućih elemenata na ukupnu količinu praha iznosi: 50% WC12Co; 33% Ni; 9% Cr; 3,5% Fe; 2,0% Si; 2,0% B; 0,5% C. Temperature topljenja komponenti prahova su:  $2777^\circ\text{C} \rightarrow \text{WC}$ ,  $1445^\circ\text{C} \rightarrow \text{Co}$  i  $1025^\circ\text{C} \rightarrow \text{NiCrBSi}$ . Prah WC12Co je izrađen tehnikom sinterovanja finih čestica karbida volframa i kobalta. Čestice praha NiCrBSi izrađene su tehnikom topljenja i atomizacijom tečnog rastopa inertnim gasom. Na slici 1a) prikazana je morfologija praha WCCo, a na slici 1b) morfologija praha NiCrBSi. Osnove na koje su deponovane prevlake bile su od čelika Č.4171 (X15Cr13 EN10027) u termički neobrađenom stanju. Proces nanošenja prevlake na površinu osnove urađen je termičkim postupkom raspršivanja na atmosferskom pritisku. Površina osnove na koju se nanosi prevlaka ohrapavljena je belim plemenitim elektrokorundom granulacije od 0,7 mm do 1,5 mm. Radi boljeg vezivanja slojeva prevlake za površinu osnove pre nanošenja prevlake izvršeno je predgrevanje osnove na temperaturi od  $200^\circ\text{C}$ . Pri izboru parametara nanošenja slojeva prevlake vodilo se računa o temperaturama topljenja prahova, faznoj stabilnosti konstituenata i njihovom ponašanju u plazmi. Jačina električne struje bila je 500 A i napon luka 64 V. Nanošenje prevlake izvršeno je plazma-pištoljem tipa F4-MB, firme Sulzer Metco sa mešavinom plazma gasova Ar i  $\text{H}_2$ . Ostali parametri imali su sledeće vrednosti: protok primarnog gasa (Ar) 47 l/min, protok sekundarnog gasa ( $\text{H}_2$ ) 12 l/min, protok nosećeg gasa (Ar) 4 l/min, protok praha 30 g/min i odstojanje osnove 125 mm od otvora anode. Prevlake su formirane sa debljinama od 0,3 mm do 0,35 mm.

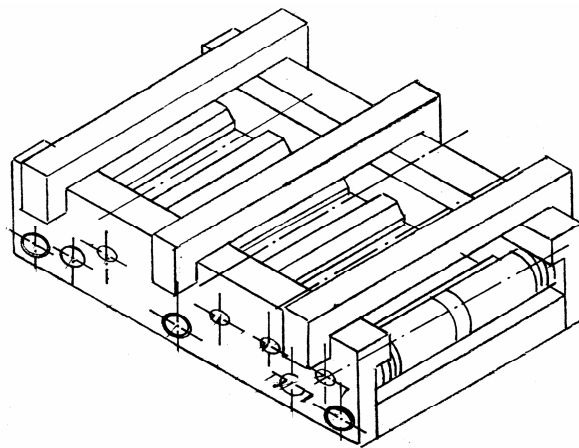


Slika 1 – Morfologija prahova a) WCCo i b) NiCrBSi.  
Figure 1 – Powder morphology a) WCCo i b) NiCrBSi

## Ispitivanje mikrotvrdoće, čvrstoće spoja i mikrostrukture

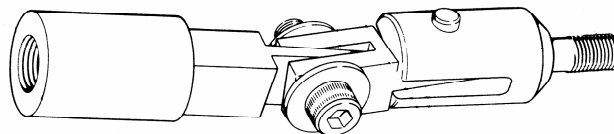
Na poprečnom preseku uzoraka ispitana je mikrotvrdoća slojeva prevlaka. Uzorci su pripremljeni standardnom metodom zatapanja, brušenja i poliranja. Po standardu Pratt & Whitney za ispitivanje mikrotvrdoće slojeva koristila se skala Vickers sa opterećenjem od 300 g. Merenje je urađeno u pravcu duž slojeva WC12Co i slojeva NiCrBSi na krajevima i u sredini uzoraka.

Ispitivanje čvrstoće spoja između prevlake i osnove je metoda ispitivanja zatezanjem na kidanje. Uzorci za merenje čvrstoće spoja izrađeni su po standardu PWA (Pratt Whitney) od materijala AMS 5504 (X15Cr13 EN10027). Centriranje i lepljenje uzoraka urađeno je u alatu prikazanom na slici 2.



Slika 2 – Alat za lepljenje uzoraka  
Figure 2 – Tool for gluing specimens

Za ispitivanje uzoraka zatezanjem na kidanje koristili su se univerzalni adapteri koji su tako konstruisani da u toku ispitivanja obezbeđuju eliminisanje sile na smicanje. Jedan univerzalni adapter prikazan je na slici 3 [8].



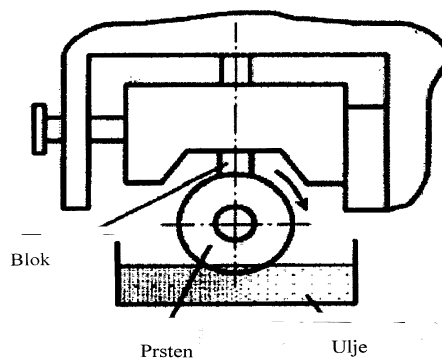
Slika 3 – Univerzalni adapter za uzorke  
Figure 3 – Universal adapter for specimens

Ispitivanje epruveta urađeno je na sobnoj temperaturi sa brzinom kidanja od 1 mm/60 s [8]. Koristilo se pet epruveta za ispitivanje, a dobijene vrednosti su usrednjene.

Ispitivanje mikrostrukture slojeva urađeno je tehnikom svetlosne mikroskopije sa uvećanjem od 400x. Za mikrostrukturnu analizu slojeva uzorci su obrušeni i ispolirani do ogledala. Pošto prevlaka nije pretapana nije rađeno nagrizanje uzoraka.

## Tribološka ispitivanja

Tribološka ispitivanja urađena su na tribometru blok-na-prstenu (slika 4). Ispitivanje je rađeno u uslovima klizanja podmazivanjem sa mazivom tipa TPD-95 na sobnoj temperaturi prema standardu ASTM G77. Blok sa prevlakom ispitan je na okaljnom i poboljšanom prstenu od čelika Č.1731 (ISO C60E4), sa spoljašnjim prečnikom  $\Phi$  45,2 mm i tvrdoćom 46–48 HRC. Hrapavost prevlake bila je  $Ra = 0,5 \mu\text{m}$ .



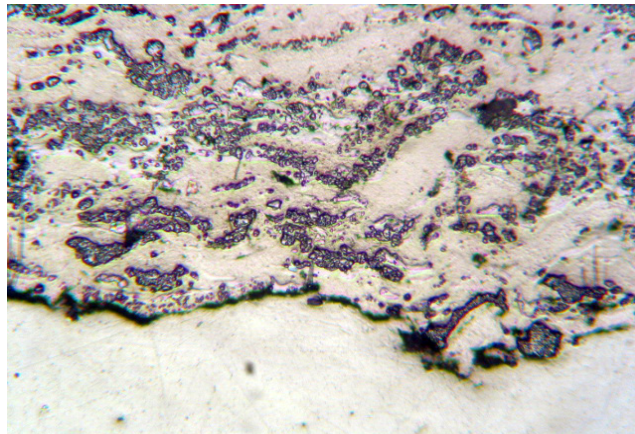
Slika 4 – Šematski dijagram tribometra blok –na–prstenu  
Figure 4 – Schematic diagram of a pin – on – ring tribometer

Opterećenje je bilo konstantno od 400 N, kao i brzina ispitivanja od 0,5 m/s. Rađeno je pet merenja. Svaki uzorak je pojedinačno ispitan na dužini klizanja od 3000 m. Kao što se može videti sa slike, prsten je urođen u posudu sa uljem za podmazivanje.

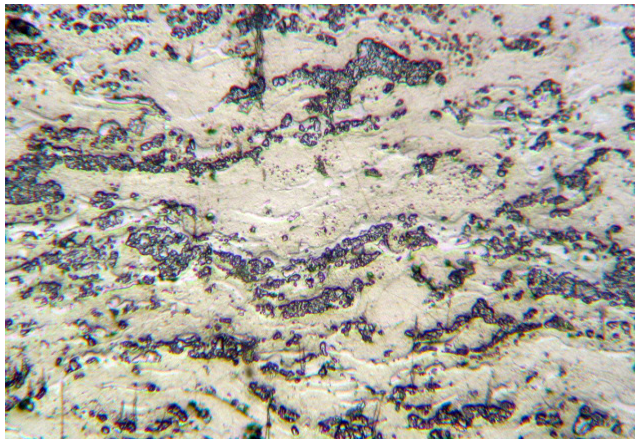
## Mikrostruktura prevlake, mikrotvrdoće i čvrstoća spoja

Na slici 5a) i 5b) prikazane su mikrostrukture slojeva prevlake WCCo-NiCrBSi na poprečnom preseku uzorka. Na mikrofotografijama u prevlakama vide se uniformni slojevi metalokarbida WCCo i legure NiCrBSi. Slika

5a) prikazuje interfejs između osnove i prevlake gde se jasno vidi granica. Na interfejsu nisu prisutne čestice  $\text{Al}_2\text{O}_3$  od hrapavljenja. Duž granice interfejs/prevlaka nisu prisutne makro i mikro- prskotine. Veza prevlake sa osnovom je neprekidna bez odvajanja slojeva prevlake sa osnove. Na slici 5b) ne uočavaju se mikro i makro prskotine kroz slojeve prevlake. Struktura prevlake je slojevita i lamelarna. U slojevima nisu prisutne nestopljene čestice praha i mikroporoznost. Slojevi su gusti i homogeni.



a) 400x

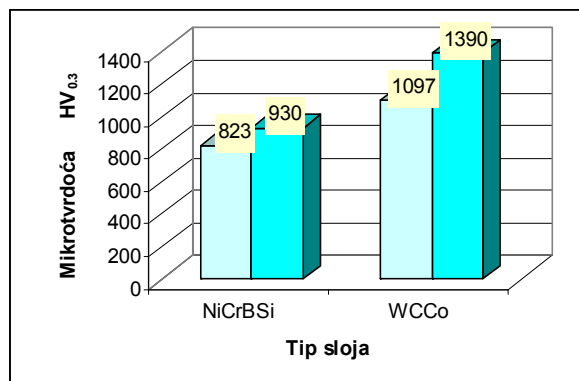


b) 400x

Slika 5 – a) Mikrostruktura prevlaka /substrat  
b) Mikrostruktura prevlake WCoNiCrBSi.

Figure 5 – a) Coatings/ substrate microstructure  
b) WCoNiCrBSi. coating microstructure

U slojevima prevlake WCCo uočavaju se tamne čestice faza volfram-karbida tipa WC,  $W_2C$  i  $W_3C_3Co$  uglastih i nepravilnih oblika različite veličine, koji su smešteni između slojeva legure NiCrBSi koji su svetlije boje. Mikrokonstituenti WC su ravnomerno raspoređeni u slojevima tipa WCCo. Osnovu slojeva legure NiCrBSi sačinjava čvrsti rastvor hroma u niklu  $\gamma$ -Ni(Cr) u kojoj su prisutne dispergovane faze karboborida, borida, i silicida. U slojevima legure NiCrBSi uočavaju se fini precipitati borida nikla bele boje. Fini precipitati borida nikla formiraju se u slojevima legure NiCrBSi taloženjem za vreme brzog hlađenja čestica praha. Pošto su čestice WC pomešane sa česticama NiCrBSi i u slojevima WCCo se uočava faza nikalborida bele boje, što ukazuje da je u procesu nanošenja prevlake jednim delom došlo do mešanja čestica praha WCCo sa česticama praha NiCrBSi, ali ne i do legiranja zbog velike razlike u temperaturama topljenja pojedinih faza. Na slici 6. dijagramski su prikazane vrednosti mikrotvrdoće slojeva WCCo i slojeva NiCrBSi. Slojevi tipa WCCo imaju vrednosti mikrotvrdoće u dosta uskom rasponu od 1097 do 1390HV<sub>0,3</sub> zbog visokog sadržaja mikrokonstituenta WC i velike gustine i homogenosti slojeva.



Slika 6 – Mikrotvrdoća WCCo i NiCrBSi slojeva

Figure 6 – Microhardness of WCCo and NiCrBSi layers

U slojevima tipa NiCrBSi takođe su izmerene vrednosti sa uskom raspedelom mikrotvrdoće od 823 do 930HV<sub>0,3</sub>, što ukazuje na to da su slojevi dosta homogeni i gusti. Visoke vrednosti mikrotvrdoće slojeva ukazuju na dobru istopljenost čestica praha, međulamelarno vezivanje u prevlaci, kao i dobro vezivanje prevlake za osnovu. Vrednosti adhezione i kohezione čvrstoće slojeva su u direktnoj vezi sa udelima nestopljenih čestica i pora. Slojevi su pokazali vrednosti čvrstoće spoja od 59 N/mm<sup>2</sup> koja je dosta visoka zbog predgrevanja supstrata i dobre istopljenosti praha. Mehanizam razaranja bio je adhezioni na interfejsu supstrat/prevlaka.

## Tribološka svojstva

Za veći nivo sigurnosti u ocenjivanju ispitnih rezultata ponovljeno je pet triboloških ispitivanja prevlake WCCoNiCrBSi. Dve krajnje vrednosti nisu se uzimale u proceduri ocene dinamičkog koeficijenta trenja i habanja slojeva prevlake. Dinamički koeficijent trenja prevlaka kao funkcija dužine klizanja za konstantnu brzinu i opterećenje prikazani su u tabeli 1. Takođe, merena je i temperatura maziva za svako ispitivanje. Temperatura maziva je rasla za vreme ispitivanja, ali nakon nekog perioda se ustalila i nije prelazila 48°C. Na osnovu dobijenih rezultata može se ustanoviti da dinamički koeficijent trenja do 1500 m ima vrednosti od  $\mu = 0,122-0,124$ , da bi se nakon 2500 m ustalio i imao vrednost od  $\mu = 0,1-0,11$ . Rezultati dinamičkog koeficijenta trenja za tri uzorka pokazuju dobru reproduktivnost. Rezultati ispitivanja habanja slojeva prevlake, tj. gubitak mase materijala prevlake za tri uzorka bio je:  $\Delta m_b = 0,11$  mg,  $\Delta m_b = 0,11$  mg i  $\Delta m_b = 0,13$  mg. Neznatno veća vrednost gubitka mase prevlake trećeg uzorka je posledica osetljivosti merenja mase na petu decimalu.

Rezultati triboloških ispitivanja

Tabela 1

Results of tribological testings

Table 1

Usl. ispit.	Par. ispit.	Metco 34F	Uz.
400 N 0,5 m/s 3000 m	$\Delta m_B$ (mg)	0,11	1
	$\mu$	0,124 (500–1500 m) 0,111(posl.2500 m)	
	$T_{maz.}$ (°C)	25,5–42,1	
400 N 0,5 m/s 3000 m	$\Delta m_B$ (mg)	0,11	2
	$\mu$	0,122(500–1500 m) 0,110(posl.2500 m)	
	$T_{maz.}$ °C)	25–41,6	
400 N 0,5 m/s 3000 m	$\Delta m_B$ (mg)	0,13	3
	$\mu$	0,123(500–1500 m) 0,110(posl. 2500 m)	
	$T_{maz.}$ (°C)	38,2–48,0	

## Zaključak

Prevlaka WCCoNiCrBSi naneta je na čelične osnove termičkim postupkom raspršivanja na atmosferskom pritisku (APS) sa optimalnim parametrima depozicije i ispitana su i analizirana njena struktura, mehanička i tribološka svojstva.

Struktura prevlake je lamelarna i slojevita, što je tipično za ovu vrstu prevlake. U strukturi nisu prisutne pore i nestopljene čestice. Osnovu slojeva WCCo čine volfram-karbid, a slojeva NiCrBSi čvrsti rastvor  $\gamma$ -Ni sa sadržajem hrom-karbida, hrom-borida i nikal-borida.

Čvrstoća spoja između prevlake i površine osnove je adheziona i veoma visoka. Lom je bio na granici prevlaka/osnova, što ukazuje na visoke vrednosti kohezivne čvrstoće slojeva prevlake.

Vrednosti mikrotvrdoće slojeva prevlake su u propisanim granicama za ovu vrstu prevlake i te vrednosti su zajedno sa čvrstoćom spoja u korelaciji sa mikrostrukturama slojeva prevlake.

Tribološka ispitivanja slojeva prevlake pokazala su dobru reproduktivnost dinamičkog koeficijenta trenja za ispitani broj uzoraka i kao takve mogu se pouzdano primeniti na površinama delova koji su izloženi habanju u eksploataciji.

### Literatura

[1] Felgueroso, D., Vijande, R., Cuetos, J. M., Tucho, R., Hernandez, A.: Parallel laser melted tracks on the wear behaviour of plasma – sprayed Ni-based coatings, *Wear*, 264 (2008) 257–263.

[2] Gonzales, R., Garcia, M. A., Penuelas, I., Cadenas, M., Fernandez, Ma. del Rocio, Hernandez Battez, A., Felgueroso, D.: Microstructural study of NiCrBSi coatings obtained by different processes, *Wear*, 263 (2007) 619–624.

[3] METCO 34-Fine grade tungsten Carbide powder with a fine nickel-chrome self-fluxing alloy powder, An Engineering guide to Coating Performance and Applications, SULZER METCO The Coatings Company.

[4] Kushner, B. A.: Thermal Spray powders – Manufacturing Methods and Quality Control Procedures, 1<sup>st</sup> plasmatechnik symposium Lucerne / Switzerland may 18<sup>th</sup>–20<sup>th</sup>, 1988.

[5] Mrdak, M., Kakaš, D., Pović, Đ.: Testing structural and mechanical properties of coatings with increased wear resistance, 8<sup>th</sup> International tribology Conference, October, 2003, Belgrade, Serbia.

[6] ASM HANDBOOK VOLUME 3, Alloy Phase Diagrams ASM International, Printed in United States of America.

[7] Kim, H., Hwang, S., Lee, C., Juvanon, P.: Assessment of wear performance of flame sprayed and fused Ni-based Coatings, *Surf. Coat. Technol.* 172 (2003)-262–269.

[8] "Turbojet engine-standard practices manual" Part No 58 5005, Pratt-Whitney.

#### CHARACTERIZATION OF WEAR RESISTANT PLASMA SPRAYED APS – WCCo/NiCrBSi SELF-FLUXING COATINGS

##### Summary:

*In this paper, the microstructural, mechanical and tribological properties of WCCoNiCrBSi thermal spray coatings, applied to repair the cylinders of helicopter nasal feet, were analysed. The process used for coating depo-*

sition on steel substrate was the Atmospheric Plasma Spraying (APS). The plasma spray process is a procedure widely used for applying coatings with increased resistance to wear. The combination of WCCo and NiCrBSi powders produced coatings for the protection of metal parts exposed to wear, abrasion, erosion and cavitation to 540°C. The WCCoNiCrBSi 50/50% powder is specially developed for the production of coatings of high cohesion and adhesive strength. The coatings are very dense, hard and smooth. Microstructures present in the layers are tungsten carbides and chromium layers that increase resistance to wear and abrasion. Powder is deposited on the substrate rugged with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The substrates were heated at temperatures up to 200°C. Powder deposition was performed with the optimal deposition parameters. The microstructure and micro hardness of the coating layer was investigated on the cross section of samples using the Pratt & Whitney standard. Micro hardness was tested using the Vickers scale with a load of 300g. The microstructure of the layers was investigated on an optical microscope (OM) with a magnification of 400X. Testing of bond strength between coatings and substrates was performed at room temperature with the speed of twitch of 1mm/60sec. The structure is multi-layered and layers are dense and homogeneous. In the WCCo layers there are dark WC phase particles. The NiCrBSi alloy layers contain fine precipitates of white nickel boride. The WCCo layers have micro hardness values ranging from 1097 - 1390 HV<sub>0,3</sub>. The tribological evaluation of the coating was performed using a pin - on - ring tribometer. Lubricate sliding wear tests were carried out at room temperature according to the ASTM G77 standard. The coated blocks were tested on a hardened and tempered steel ring. A constant load of 400 N and a constant speed of 0,5 m/s were applied for a total distance of 3000 m. The values of micro hardness were also measured in the NiCrBSi layers in a narrow range of 823–930 HV<sub>0,3</sub>. The values indicate that the layers are homogeneous and thick. The coating bond strength is 59N/mm. The value is high because of the warming substrate. The dynamic coefficient of friction has a value of  $\mu = 0,1$  to  $0,11$ . The mass loss was small and on average it amounted to  $\Delta m_b = 0,11$  mg. The results of tribology tests showed good reproducibility of the dynamic coefficient of friction. The coating can be reliably applied to surfaces exposed to wear during operation. The advantage of this coating application is in a significant prolongation of service life of parts, together with reduced operating and maintenance costs.

Key words: Atmospheric Plasma Spraying(APS), WCCoNiCrBSi coating, microstructure, micro hardness, bond strength, sliding wear, friction.

Datum prijema članka: 20. 10. 2009.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 12. 1. 2010.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 15. 1. 2010.



# INFORMISANOST STUDENATA VOJNE AKADEMIJE O OBLASTI ZAŠTITE INTELEKTUALNE SVOJINE

Čabarkapa T. Obrad, Potkonjak-Lukić Đ. Brankica, Ministarstvo  
odbrane Republike Srbije, Uprava za strategijsko planiranje, Beograd

UDC: 347.789

## Sažetak:

*U pogledu informisanosti o oblasti zaštite intelektualne svojine, od budućeg mladog starešine se očekuje: da poznaje osnovne pojmove o sadržajima intelektualne i industrijske svojine, da je upoznat sa načelnom procedurom zaštite poverljivih inovacija i da je osposobljen da svojim saradnicima pruži određena znanja i smernice iz ove oblasti, posebno u pogledu stvaranja, prijavljivanja i zaštite inovacionog stvaralaštva iz svog sastava. U skladu sa očekivanjima realizovano je istraživanje sa studentima završne godine Vojne akademije sa ciljem da se dođe do podataka o interesovanju i pripremljenosti mladog starešinskog kadra u pogledu poznavanja i informisanosti o oblasti intelektualne svojine, a posebno u oblasti stvaranja i zaštite poverljivih inovacija. U radu je dat prikaz obrađenih podataka dobijenih istraživanjem, na osnovu kojih su izvedeni određeni zaključci.*

*Ključne reči: zaštita intelektualne svojine, poverljive inovacije, interesovanje, informisanost.*

## Uvod

Među sadržajima naučne delatnosti značajno mesto pripada inovacionoj delatnosti, koja se posebno organizuje, usmerava, prati i afirmiše. Inovaciona delatnost u sistemu odbrane, kao sastavni deo naučne delatnosti, predstavlja skup aktivnosti vezanih za stvaranje, prijavljivanje i zaštitu poverljivih pronalazaka i prihvatanje tehničkih unapređenja značajnih za odbranu. Ova delatnost, pored rada inventivnih stvaralaca, podrazumeva skup svih aktivnosti koji se preduzimaju u organizacionim jedinicama i ustanovama sistema odbrane usmerenih ka cilju stvaranja svih vrsta inovacija, obezbeđenju boljih uslova rada inovatora i zaštiti njihovih prava.

U MO, kao nadležnom državnom organu za poslove odbrane, postoji organizaciona jedinica nadležna za poslove inovacione delatnosti koja vrši zaštitu pronalazaka značajnih za odbranu zemlje, a, osim toga, jedi-

na je u zemlji koja vrši zaštitu poverljivih pronalazaka. Nadležni organ MO za poslove inovacione delatnosti, shodno Zakonu o patentima, obavlja zadatke državnog organa nadležnog za poslove odbrane koji se odnose na zaštitu poverljivih pronalazaka.

Oblast zaštite pojedinih oblika industrijskog stvaralaštva od značaja za sistem odbrane saglasna je sa propisima u oblasti zaštite intelektualne svojine u društvu i potpuno je normativno pravno uređena [1, 2,<sup>1</sup> 5, 6, 8].

Težište rada inovacione delatnosti usmereno je, prvenstveno, na usavršavanje postojećih sredstava i sistema naoružanja i vojne opreme (NVO), nastavnih materijalnih sredstava i svih ostalih sistema, sredstava i postupaka (podrška planiranju, rukovođenju, komandovanju, projektovanju, eksploataciji, održavanju, remontu i dr.) koji se koriste i primenjuju u MO i Vojsci. Navedeno opredeljenje proističe iz činjenice da se sva sredstava za potrebe odbrane u svetu veoma brzo razvijaju, što izaziva ubrzano zastarevanje tih sredstava i ograničava mogućnost njihove duže upotrebe. Zbog navedenog, sredstva za potrebe odbrane moraju se brže zamenjivati (uz sve veće troškove nabavke) ili se, pak, moraju stalno usavršavati i time obezbediti održavanje i povećanje njihove efikasnosti i produžavanje veka upotrebe. Pošto ekonomska situacija u zemlji ne daje mogućnost ubrzanog zamenjivanja sredstava, njihovo stalno usavršavanje je prioritetna alternativa, pa je zato sasvim prirodno da to bude težište rada inovacione delatnosti u sistemu odbrane.

U skladu sa napred navedenim opredeljenjem, nameće se zaključak da je na svim nivoima u sistemu odbrane neophodno posvećivati posebnu pažnju edukovanju svih njegovih pripadnika o značaju i potrebi stvaranja i zaštite inovacionog stvaralaštva. Svakako da posebno mesto u pogledu edukovanja iz ove oblasti treba dati kadru na svim nivoima rukovođenja i komandovanja, kao i na svim nivoima školovanja i usavršavanja u sistemu odbrane, a prioritetno u toku osnovnog školovanja na Vojnoj akademiji (VA).

U pogledu opšte informisanosti o sadržajima intelektualne svojine, kao i poznavanja postupka zaštite pojedinih oblika industrijske svojine od značaja za sistem odbrane, od budućeg mladog starešine na svojim početnim dužnostima se očekuje: s jedne strane, da poznaje osnovne pojmove o sadržajima intelektualne i industrijske svojine, kao i načelnu proceduru zaštite poverljivih inovacija, a, s druge strane, da po potrebi svojim saradnicima pruži određena znanja i smernice iz ove oblasti, posebno u pogledu stvaranja, prijavljivanja i zaštite inovacionog stvaralaštva iz svog sastava.

---

<sup>1</sup> Umesto postojećeg Uputstva, u završnoj fazi je izrada i donošenje Pravilnika o postupku ispitivanja poverljive prijave patenta, malog patenta i prihvatanju tehničkih unapređenja značajnih za odbranu i ostvarivanje prava pronalazača.

U skladu sa očekivanjima, sa studentima završne godine Vojne akademije (VA) realizovano je istraživanje<sup>2</sup> sa ciljem da se dođe do podataka o interesovanju i pripremljenosti mladog starešinskog kadra u pogledu poznavanja i informisanosti o oblasti intelektualne svojine a posebno u oblasti stvaranja i zaštite poverljivih inovacija, koje u krajnjem doprinose ukupnom jačanju sistema odbrane.

## Ciljevi istraživanja, ciljna grupa i istraživački instrument

Osnovni cilj ovog istraživanja bio je da se obradom dobijenih podataka utvrdi nivo interesovanja, informisanosti i poznavanja oblasti zaštite intelektualne svojine od strane studenata završne godine VA.

U okviru osnovnog cilja postavljeni su sledeći specifični ciljevi:

- da se utvrdi nivo interesovanja studenata završne godine VA za oblast zaštite intelektualne svojine,
- da se utvrdi stepen informisanosti i poznavanja oblasti zaštite intelektualne svojine od strane studenata završne godine VA,
- da se utvrdi postojanje potencijalnih razlika u interesovanju za oblast zaštite intelektualne svojine između studenata različitih smerova i
- da se utvrdi postojanje potencijalnih razlika u stepenu informisanosti i poznavanja oblasti zaštite intelektualne svojine između studenata različitih smerova.

Za ispitivanje uzorka studenata završne godine VA korišćen je instrument upitničkog tipa, koji je sastavljen od 15 pitanja [7]. Manji deo pitanja iz upitnika odnosio se na mišljenja i stavove vezane za interesovanje za oblast intelektualne svojine, dok je za ostala pitanja ponuđena mogućnost višestrukog izbora odgovora, od čega je samo jedna ponuđena alternativa tačna. Odabrana su veoma jednostavna pitanja sa pretpostavkom, da bi u pogledu poznavanja i opšte informisanosti o intelektualnoj svojini sa njenim specifičnostima u sistemu odbrane, na njih trebalo da zna tačan odgovor svaki student završne godine VA. Pored odgovora na pitanja, data je mogućnost da na kraju Upitnika studenti u slobodnoj formi iznesu svoja zapažanja, stavove, mišljenja i predloge koji se odnose na postupak zaštite inovacija, normativno-pravnu regulativu i vrednovanje rezultata inovacionog rada u MO i Vojsci Srbije.

U celni gledano, upitnik je homogen, jer je prvenstveno namenjen proceni informisanosti o oblasti zaštite intelektualne svojine. Upitnik je, s jedne strane, iskorišćen da se jednim svojim delom pitanja (1, 2, 14 i 15) prikupe

<sup>2</sup> U okviru doktorske disertacije autora „Zaštita inovacija u funkciji jačanja sistema odbrane“, Fakultet bezbednosti, Beograd, 2008.

podaci koji se odnose na procenu aktuelnog stepena interesovanja studenata završne godine VA za oblast intelektualne svojine. S druge strane, upitnikom su obuhvaćene dve grupe informisanosti, i to: opšta informisanost o intelektualnoj svojini (pitanja: 3, 4, 7, 10, 11 i 12) i informisanost o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane (pitanja: 5, 6, 8, 9 i 13).

Istraživanje je, shodno postavljenom osnovnom cilju, izvršeno na ciljnoj grupi (uzorku), koju čine studenti završne godine Odseka logistike i Odseka Kopnene vojske (KoV) Vojne akademije, školske 2006/2007. godine.

**Ciljna grupa (uzorak)** obuhvata 187 studenata, od čega su 119 studenti Odseka logistike, a 68 studenti Odseka KoV. Istraživanjem je obuhvaćen uzorak od 131 ispitanika, odnosno 70%, od čega su 23 studenti „rodovskih“, a 108 studenti „tehničkih“ smerova.

Inovacije značajne za sistem odbrane i koje se kao takve štite (poverljivi pronalasci, tehnička unapređenja i konkretni predlozi od značaja za odbranu) pripadaju pravima industrijske svojine, kao jednoj od grana intelektualne svojine i u većini slučajeva se odnose na rešenja određenog tehničkog problema. Ovim istraživanjem je nastojano da se obradom dobijenih podataka dođe do rezultata za dve podgrupe studenata: jedna grupa kojoj pripadaju tzv. „tehnički smerovi“, kojima bi predmetna problematika trebalo da bude bliža, zbog čega je obuhvaćen veći uzorak pri istraživanju (91%), i druga grupa kojoj pripadaju „rodovski smerovi“, kojima bi ova problematika trebalo da bude manje poznata. Analizom i upoređivanjem podataka za ove dve podgrupe došlo se do određenih zaključaka.

**Obrada podataka** [3,4] zasnovana je na deskriptivnoj statističkoj analizi, izračunavanju frekvenci i procenata, i tamo gde je to bilo moguće i potrebno, aritmetičke sredine i standardne devijacije. Obrada je organizovana pretežno po dizajnu bivarijantne analize i dvodimenzionalnog tabeliranja. U analizi je korišćen i  $\chi^2$  test, kao i izračunavanje Kramerovog V koeficijenta povezanosti kategoričkih varijabli. Razlika između grupa utvrđivana je i t-testom razlika između aritmetičkih sredina. Unutrašnja struktura upitnika analizirana je primenom faktorske analize sa varimaks rotacijom.

Obrada podataka izvršena je u programu SPSS for Windows, verzija 11.5.

Istraživanje je usmereno na, s jedne strane, utvrđivanje aktuelnog interesovanja studenata završne godine VA različitih smerova za oblast inovacione delatnosti i intelektualne svojine i, s druge strane, na utvrđivanje aktuelnog nivoa informisanosti studenata o intelektualnoj svojini u sistemu odbrane.

U ovom radu se, radi ilustracije, daje tabelarni i grafički prikaz obrade rezultata koji se odnose na pojedina pitanja iz upitnika. Pri tome su korišćene skraćenice, koje imaju sledeće značenje:

- f – frekvencija,
- % grupe – procenat ispitanika date grupe i
- % ukupno – procenat ispitanika u odnosu na ceo uzorak.

Pored ovih, za pojedine tabelarne prikaze, gde je to bilo moguće izračunate su i vrednosti za sledeće parametre:

- $\chi^2$  – test, test pomoću koga se određuje statistička značajnost povezanosti kategoričkih varijabli,
- p – verovatnoća koja se odnosi na statičku značajnost<sup>3</sup> distribucije određene varijable i
- Kramer V – koeficijent korelacije povezanosti dve kategoričke varijable.

U pojedinim tabelarnim prikazima određeni podaci dobijeni obradom odgovora su posebno istaknuti (naglašeni boldiranjem). Ovi podaci se odnose na tačne odgovore na pojedina pitanja (za ona pitanja za koja se zna tačan odgovor ali ne i za pitanja koja su se odnosila na ispitivanje stavova ili mišljenja ispitanika).

## Interesovanje za oblast intelektualne svojine

U ovom delu su obrađena pitanja<sup>4</sup> iz upitnika, koja se odnose na procenu aktuelnog stepena interesovanja za oblast intelektualne svojine od strane studenata završne godine VA.

Kada je u pitanju slušanje tema iz oblasti intelektualne svojine u toku školovanja na VA, proverom sadržaja nastavnih planova i programa (NPP) je utvrđeno da studenti završne godine VA u toku svog školovanja nisu slušali teme iz oblasti intelektualne svojine, niti kao poseban predmet niti kao posebnu celinu u okviru nekog predmeta. Pored ove činjenice, oko 8% studenata je odgovorilo da su slušali nastavu, na osnovu čega se da zaključiti da se radi o opštoj neinformisanosti ove grupe studenata, po ovom pitanju.

Na osnovu dobijenih odgovora na pitanje koje se odnosilo na posetu izložbi pronalazaka, došlo se do zaključka da je veoma mali broj studenata (svega oko 9%) posetio neku od izložbi pronalazaka, što znači da nisu informisani o postojanju izložbi ove vrste ili nisu imali motiva da bi posećivali ovakve izložbe.

Prikaz rezultata odgovora na pitanje, koje se odnosilo na posedovanje znanja iz oblasti intelektualne svojine (pitanje 14 iz upitnika), dat je u tabeli 1 (sa vrednostima:  $\chi^2 = 0,715$ ,  $p = 0,699$ ; Kramer V = 0,074,  $p = 0,699$ ).

Oko 8% studenata je izjavilo da poseduju dovoljna znanja iz intelektualne svojine, oko 25% smatra da su im znanja delimično dovoljna, a preko 67% da su im znanja iz ove oblasti nedovoljna.

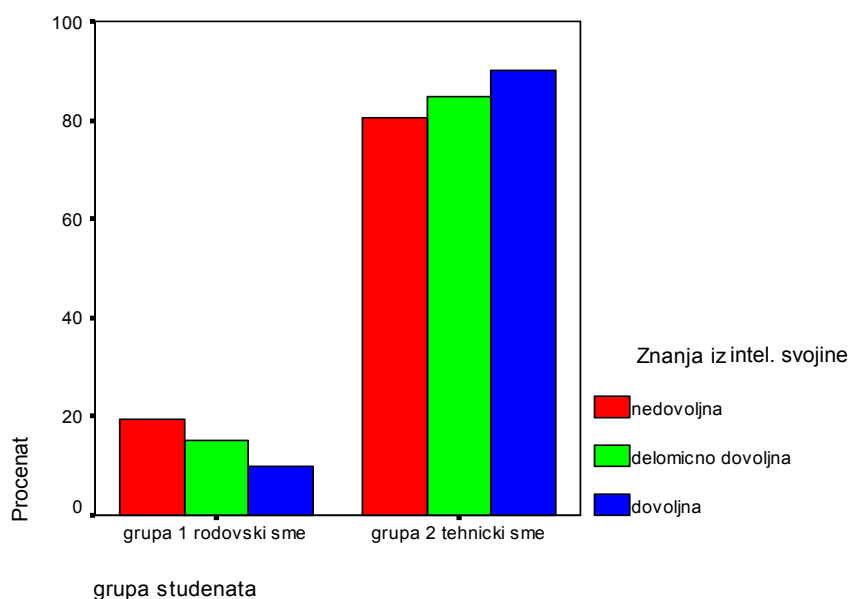
<sup>3</sup> Za vrednost  $p < 0,05$  distribucija varijable je statistički značajna.

<sup>4</sup> Pitanja: 1, 2, 14 i 15.

Posedovanje znanja iz oblasti IS

Tabela 1

Grupa studenata		Znanja iz intelektualne svojine			Ukupno
		dovoljna	delimično dovoljna	nedovoljna	
Rodovski smerovi	f	1	5	17	23
	% grupe	4,3	21,7	73,9	100,0
	% ukupno	0,8	3,8	13,0	17,6
Tehnički smerovi	f	9	28	71	108
	% grupe	8,3	25,9	65,7	100,0
	% ukupno	6,9	21,4	54,2	82,4
Ukupno	f	10	33	88	131
	%	7,6	25,2	67,2	100,0



Slika 1 – Grafički prikaz rezultata iz tabele 1

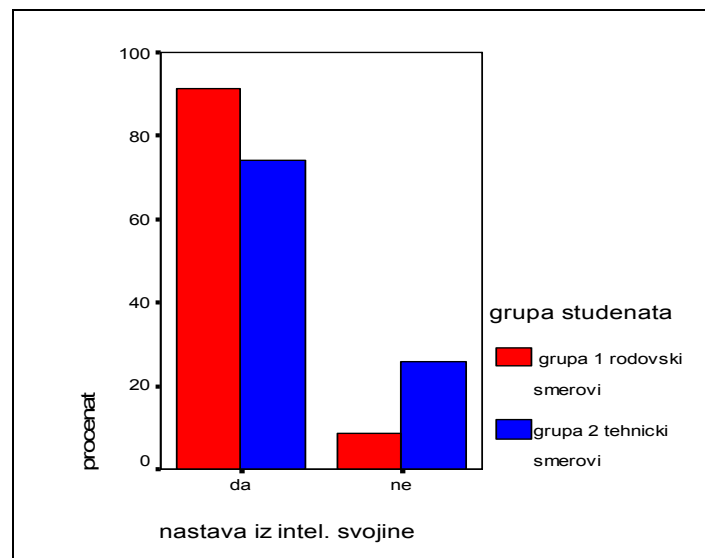
Prikaz rezultata odgovora na pitanje, koje se odnosilo na mišljenje studenata o korisnosti da se u budućem nastavnom planu i programu studenata Vojne akademije uvrste teme iz oblasti intelektualne svojine (pitanje 15 iz Upitnika), dat je u tabeli 2 (sa vrednostima:  $\chi^2 = 3,188$ ,  $p = 0,074$ ; Kramer  $V = 0,156$ ,  $p = 0,074$ ).

Tabela 2

Planiranje tema iz oblasti IS

Grupa studenata		Nastava iz IS		Ukupno
		Da	Ne	
Rodovski smerovi	f	21	2	23
	% grupe	91,3	8,7	100,0
	% ukupno	16,0	1,5	17,6
Tehnički smerovi	f	80	28	108
	% grupe	74,1	25,9	100,0
	% ukupno	61,1	21,4	82,4
Ukupno	f	101	30	131
	%	77,1	22,9	100,0

Došlo se do podatka da više od 77% studenata smatra korisnim da se ubuduće u NPP VA planiraju teme iz oblasti intelektualne svojine (IS).



Slika 2 – Grafički prikaz rezultata iz tabele 2

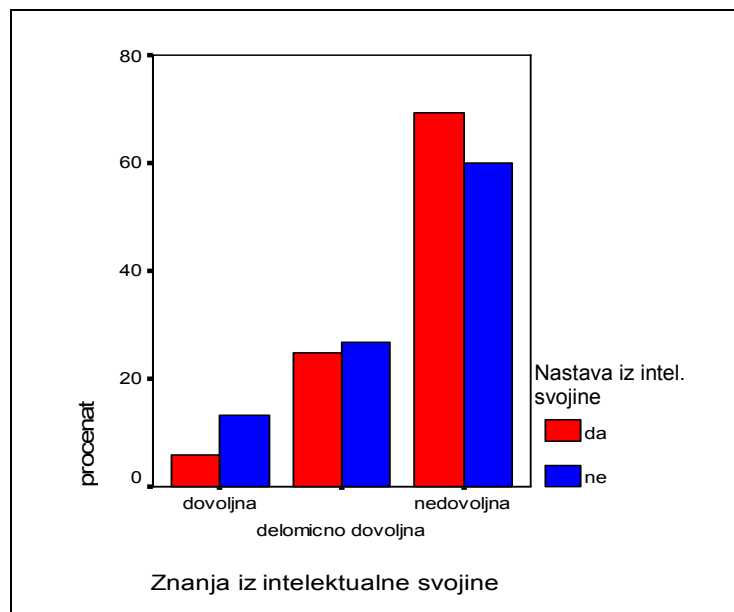
Prikaz dobijenih podataka na osnovu odgovora na pitanja koja su se odnosila na: posedovanje znanja iz oblasti IS i korisnosti da se ubuduće planiraju teme iz IS u NPP VA (pitanja 14 i 15 iz upitnika), dat je u tabeli 3 (sa vrednostima:  $\chi^2 = 1,988$ ,  $p = 0,370$ ; Kramer V = 0,123,  $p = 0,370$ ).

Tabela 3

## Posedovanje znanja iz oblasti IS i planiranje tema iz IS

Nastava iz IS		Znanja iz intelektualne svojine			Ukupno
		dovoljna	delimično dovoljna	nedovoljna	
Da	f	6	25	70	101
	% grupe	5,9	24,8	69,3	100,0
	% ukupno	4,6	19,1	53,4	77,1
Ne	f	4	8	18	30
	% grupe	13,3	26,7	60,0	100,0
	% ukupno	3,1	6,1	13,7	22,9
Ukupno	f	10	33	88	131
	%	7,6	25,2	67,2	100,0

Iz prethodne tabele može se zaključiti da oko 70 % studenata smatra da poseduje nedovoljna znanja iz IS, a izjasnili su se da treba ubuduće planirati nastavu iz IS, dok 60 % studenata smatra da poseduje nedovoljna znanja, a izjasnili su se da ne treba planirati nastavu iz IS.



Slika 3 – Grafički prikaz rezultata iz tabele 3



Daljom obradom rezultata došlo se do podatka da se oko 67% studenata izjasnilo da poseduje nedovoljna znanja iz IS i naveli su da u toku školovanja nisu slušali nastavu iz IS (što je tačan podatak), za razliku od 73% studenata koji smatraju da poseduju nedovoljna znanja, ali su izneli da su slušali nastavu u toku školovanja (što nije tačan podatak). I u jednom i u drugom slučaju su se u prilično visokom broju izjasnili da su im znanja iz IS nedovoljna i da smatraju da treba ubuduće u NPP planirati teme iz intelektualne svojine.

Nakon obrade podataka koji se odnose na interesovanje za oblast zaštite intelektualne svojine došlo se do sledećih zaključaka:

- studenti završne godine VA u toku svog školovanja nisu slušali teme iz oblasti poznavanja i zaštite intelektualne svojine;
- veoma mali broj studenata je posetio neku od izložbi pronalazaštva;
- više od dve trećine studenata (67%) smatra da su im znanja iz ove oblasti nedovoljna;
- većina studenata (preko 77%) navela je da smatra korisnim da se ubuduće u NPP VA planiraju teme iz oblasti intelektualne svojine.

## Informisanost i poznavanje oblasti zaštite intelektualne svojine

Analiza informisanosti i poznavanja oblasti zaštite intelektualne svojine izvršena je dvostruko. S jedne strane, izvršena je analiza tačnosti odgovora ispitanika na svakom od pitanja iz upitnika, dok je, s druge strane, izvršena analiza bez obzira na tačnost, radi uvida u strukturu informisanosti ispitanika, odnosno specifičnih distorzija u poznavanju oblasti zaštite intelektualne svojine.

Pored toga, izvršena je komparacija dve podgrupe studenata različitih smerova, kako bi se utvrdila potencijalna razlika u informisanosti između ove dve podgrupe.

Pošto je bilo moguće, statistički su definisane varijable opšte informisanosti o intelektualnoj svojini i informisanosti o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane. Da bi se dobila ukupna mera informisanosti, izvršeno je sumiranje skorova dihotomnih varijabli, sa ciljem da se pokuša utvrđivanje potencijalnih razlika između dve podgrupe studenata na ovim varijablama.

Radi ispitivanja polazne pretpostavke o strukturi dela upitnika koji se odnosi na informisanost, urađena je faktorska analiza, radi **provere sa-držinske valjanosti instrumenta**. Izostavljena su ona pitanja koja se specifično odnose na interesovanje za oblast zaštite intelektualne svojine (prethodno obrađena).

Faktorska analiza urađena je na pitanjima 3. do 13. (tako što su uzete u obzir dihotomne, rekodirane vrednosti stavki u obliku tačno–netačno).

Polazna pretpostavka bila je da će ovim upitnikom moći da se obuhvate dve oblasti informisanosti vezane za intelektualnu svojinu:

– opšta informisanost o intelektualnoj svojini, koja obuhvata određeni deo pitanja<sup>5</sup> i

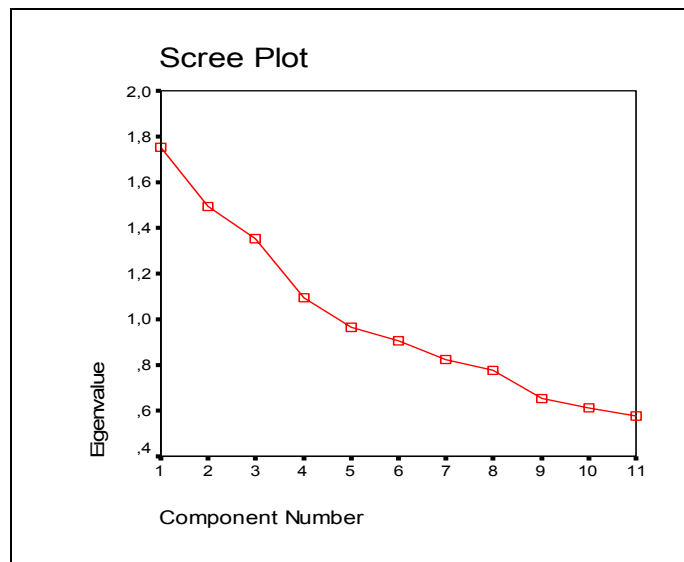
– informisanost o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane, sa određenom grupom pitanja.<sup>6</sup>

Faktorskom analizom izdvojena su četiri faktora, koja ukupno objašnjavaju 52% varijanse (tabela 4). Međutim, usled malog broja ajtema, četvorofaktorsko rešenje nije adekvatno. Uz to, i Katelov skrining test ukazuje na mogućnost trofaktorskog ili čak dvofaktorskog rešenja kao optimalnog (slika 4).

Tabela 4

Svojstvene vrednosti i procenat objašnjene varijanse

Faktor	Matrica komponenti			Rotirana matrica komponenti		
	Ukupno	% varijanse	Kumul. %	Ukupno	% varijanse	Kumul. %
1	1,750	15,909	15,909	1,651	15,010	15,010
2	1,496	13,599	29,508	1,595	14,498	29,508
3	1,353	12,303	41,811			
4	1,091	9,923	51,734			
5	0,962	8,745	60,479			



Slika 4 – Katelov skrining test

<sup>5</sup> 3, 4, 7, 10, 11 i 12.

<sup>6</sup> 5, 6, 8, 9 i 13.

Trofaktorsko rešenje (tabela 5) nudi mogućnost interpretacije faktora na sledeći način: prvi izolovani faktor može se interpretirati kao informisanost o intelektualnoj svojini, drugi faktor kao informisanost o načinu zaštite pronalazaka u sistemu odbrane i treći faktor kao informisanost o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u državi.

Prva dva faktora su sadržinski koherentna, dok logička analiza sadržaja ajtema trećeg faktora ukazuje na mogućnost da se oni sadržajno mogu uklopiti u prethodna dva faktora. Zbog toga je ispitana mogućnost dvofaktorskog rešenja.

Tabela 5

Matrica strukture sa trofaktorskim rešenjem

Pitanja iz upitnika (ajtemi)	Matrica strukture		
	1	2	3
Is-4: Vrste inovacija u sistemu odbrane	0,666		
Is-1: Uslovi zaštite pronalaska	0,573		
Is-7: Plan inovacione delatnosti	0,556		
Is-3: Sadržaj intelektualne svojine	0,527		
Is-9: Podnošenje prijave u MO		0,645	
Is-6: Zaštita poverljivih pronalazaka		0,623	
Is-13: Pravo autora na JNN		0,466	
Is-10: Pronalazak se štiti			0,592
Is-8: Regulisanost zaštite pov. pronalaz.			0,589
Is-12: Patenti pripadaju			0,578
Is-5: Ko vrši patentiranje u zemlji			0,502

Ispitujući dvofaktorsko rešenje (tabela 6) prethodna pretpostavka se potvrdila, jer se izolovani faktori mogu interpretirati kao:

- opšta informisanost o intelektualnoj svojini i
- informisanost o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane.

Tabela 6

Matrica strukture sa dvofaktorskim rešenjem

Pitanja iz upitnika (ajtemi)	Matrica strukture	
	1	2
Is - 6: Zaštita poverljivih pronalazaka	0,641	
Is - 8: Regulisanost zaštite poverljivih pronalazaka	0,598	
Is - 9: Podnošenje prijave u MO	0,479	
Is - 13: Pravo autora na jednokr. novčanu naknadu	0,465	
Is - 11: Uslovi zaštite pronalaska	0,384	0,347
Is - 4: Vrste inovacija u sistemu odbrane		0,592
Is - 3: Sadržaj intelektualne svojine		0,533
Is - 12: Patenti pripadaju	0,387	0,524
Is - 10: Pronalazak se štiti		0,463
Is - 7: Plan inovacione delatnosti		0,345
Is - 5: Ko vrši patentiranje u zemlji		0,319

Ovako definisani faktori skoro u potpunosti potvrđuju inicijalnu ideju u sadržaju upitnika, jer su sadržajno identični unapred definisanim oblastima informisanosti o intelektualnoj svojini. Zbog toga se u daljem prikazu rezultata istraživanja posebno prikazuje analiza za ova dva faktora, odnosno oblasti informisanosti o intelektualnoj svojini.

### *Opšta informisanost o intelektualnoj svojini*

Da bi dobili rezultate koji se odnose na opštu informisanost studenata završne godine VA o intelektualnoj svojini obrađena su pitanja<sup>7</sup> iz upitnika, koja se odnose na ovaj deo. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički [7]. U tabelama su istaknuti (boldirani) podaci koji se odnose na tačan odgovor na pitanje iz upitnika.

Obradom rezultata došlo se do zaključka da je mali broj studenata (svega 29%) upoznat sa činjenicom da su industrijska svojina i autorska i srodna prava osnovni sadržaji intelektualne svojine.

Podatak da je 72% studenata upoznat sa vrstama inovacija u sistemu odbrane u suprotnosti je sa pretpostavkom da bi završetkom školovanja na VA trebalo da svaki student zna koje vrste inovacija postoje u sistemu odbrane, a posebno da je upoznat sa načinom i postupkom njihove zaštite.

Svega 14,5% studenata upoznato je sa činjenicom da patenti pripadaju oblasti industrijske svojine, što ukazuje na to da su po ovom pitanju skoro potpuno neinformisani.

Nakon obrade podataka koji se odnose na opštu informisanost o intelektualnoj svojini došlo se do sledećih zaključaka:

- oko tri četvrtine studenata (preko 72%) informisano je o postojanju određenih vrsta inovacija u sistemu odbrane, dok je tek svaki treći informisan o sadržajima intelektualne svojine;
- svaki drugi student informisan je o tome da je plan inovacione delatnosti sastavni deo plana naučne delatnosti;
- oko 78% studenata upoznato je sa uslovima zaštite pronalaska, dok je nešto veći broj (oko 87%) upoznat sa načinom zaštite pronalaska;
- tek svaki sedmi student (oko 14%) zna da patenti pripadaju pravima iz oblasti industrijske svojine.

Polazeći od činjenice da se radi o elementarnim informacijama iz oblasti intelektualne svojine, koje bi trebalo da znaju svi studenti VA, na osnovu napred navedenog može se zaključiti da studenti završne godine VA nisu u potrebnoj meri informisani o intelektualnoj svojini.

<sup>7</sup> 3, 4, 7, 10, 11. i 12.

## *Informisanost o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane*

Za dobijanje podataka koji se odnose na informisanost studenata završne godine VA o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane, obrađeni su odgovori na pitanja<sup>8</sup> iz upitnika koja se odnose na ovaj deo.

Da je Zavod za intelektualnu svojinu nadležni državni organ za poslove patentne zaštite pronalazaka upoznat je u proseku svaki drugi student, dok je još manji broj njih (oko 37%) upoznat sa činjenicom da se patentna zaštita poverljivih pronalazaka vrši u nadležnoj organizacijskoj jedinici Ministarstva odbrane.

Veoma mali broj studenata (svega 13,7%) upoznato je sa činjenicom da je odgovarajućim uputstvom bliže regulisana patentna zaštita poverljivih pronalazaka u sistemu odbrane, što ukazuje na to da su po pitanju poznavanja propisa kojima se normativno uređuje oblast patentne zaštite pronalazaka gotovo potpuno neinformisani.

Nakon obrade podataka koji se odnose na informisanost o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane, došlo se do sledećih zaključaka:

- svaki drugi student zna da poslove zaštite pronalazaka u vidu patentiranja u našoj zemlji vrši Zavod za intelektualnu svojinu, a tek je svaki treći upoznat sa činjenicom da se zaštita poverljivih pronalazaka vrši u nadležnoj upravi MO za poslove inovacione delatnosti;
- da studenti nisu upoznati sa normativno-pravnom regulativom oblasti zaštite poverljivih pronalazaka, jer je svega oko 14% tačno odgovorilo na ovo pitanje;
- manje od 50% studenata upoznato je sa načinom podnošenja prijave inovacija u sistemu odbrane;
- tek je svaki peti student (oko 22%) upoznat sa načinom ostvarivanja prava autora inovacija na jednokratnu novčanu naknadu.

Može se zaključiti da studenti VA nisu ni približno u dovoljnoj meri informisani o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane, što ukazuje na to da na svojim početnim dužnostima nisu u stanju da pripadnicima iz svog sastava i svojim saradnicima daju određena znanja i smernice iz ove oblasti i da ne poznaju način postupanja sa inovacionim stvaralaštvom u sistemu odbrane.

U ovom segmentu analize rezultata nastoji se da se utvrdi da li postoje značajne **razlike između dve grupe studenata** u dve različite oblasti informisanosti.

---

<sup>8</sup> 5, 6, 8, 9. i 13.

Na osnovu prikaza rezultata utvrđeno je da, po varijabli koja se odnosi na oblast opšte informisanosti o intelektualnoj svojini, ne postoje značajne razlike između dve grupe studenata. Što se tiče varijable koja se odnosi na oblast informisanosti o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane, među grupama studenata utvrđene su razlike koja pripadaju ovoj oblasti. Na dva od pet pitanja kojima je procenjavana ova oblast informisanosti utvrđene su statistički značajne razlike između grupa studenata. Radi se o pitanjima:

1. Gde se vrši zaštita poverljivih pronalazaka u našoj zemlji?
2. Kojim propisom je bliže regulisana oblast zaštite poverljivih pronalazaka?

Za ova pitanja je  $p < 0,05$ , što ukazuje da su distribucije varijabli statistički značajne. Zbog toga su definisane varijable opšte informisanosti o intelektualnoj svojini i informisanosti o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane na taj način da je izvršeno sumiranje broja tačnih odgovora na pitanja koja ih određuju. Na ovako definisanim varijablama primenjen je t-test za nezavisne uzorke, kako bi se utvrdile potencijalne razlike u aritmetičkim sredinama ovih varijabli. Osnovne deskriptivne vrednosti i rezultati t-testa za nezavisne uzorke prikazani su u tabelama 7 i 8.

Tabela 7

Osnovne deskriptivne vrednosti

Varijable	Grupa ispitanika	N	AS	SD	SEAS
Opšta informisanost o intelektualnoj svojini	rodovski smerovi	23	3,65	0,93	0,19
	tehnički smerovi	108	3,26	1,22	0,12
Informisanost o regulisanju i zaštiti IS u sistemu odbrane	rodovski smerovi	23	1,74	0,91	0,19
	tehnički smerovi	108	1,72	0,90	0,09

Skraćenice korišćene u tabelama 7 i 8 imaju sledeća značenja:

- **N** – broj ispitanika;
- **AS** – aritmetička sredina;
- **SD** – standardna devijacija;
- **SEAS** – standardna greška merenja;
- **t** – t statistik;
- **df** – broj stepeni slobode;
- **sig** – nivo značajnosti i
- **razl. u AS** – razlike u aritmetičkim sredinama dve grupe.

Rezultati t-testa za nezavisne uzorke

Tabela 8

Varijable	t	df	sig	Razl. u AS	SEAS
Opšta informisanost o IS	1,725	129	0,092	0,39	0,23
Informisanost o regulisanju i zaštiti IS u sistemu odbrane	0,081	129	0,935	0,02	0,21

Kao što se iz tabele vidi, za podatak koji se odnosi na nivo značajnosti,<sup>9</sup> studenti završne godine VA različitih smerova ne razlikuju se statistički značajno ni po stepenu informisanosti o intelektualnoj svojini, niti po informisanosti o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane.

## Zaključak

Na osnovu realizovanog istraživanja i obradom dobijenih podataka došlo se do zaključka da je veoma nizak nivo informisanosti studenata završne godine školovanja na VA, kako u pogledu opšteg poznavanja oblasti intelektualne svojine, tako i u pogledu regulisanja i zaštite intelektualne svojine značajne za sistem odbrane. To je posledica činjenice da studenti u toku svog školovanja nisu slušali predavanja iz ove oblasti, niti su one bile planirane kroz NPP.

S jedne strane, pokazani nivo informisanosti i posedovanja znanja iz oblasti stvaranja i zaštite inovacija u sistemu odbrane je u suprotnosti sa očekivanjima da su mlade starešine osposobljene da na svojim početnim dužnostima daju svoj doprinos stvaranju, prijavljivanju i zaštiti inovacionog stvaralaštva u sistemu odbrane. S druge strane, na osnovu istraživanja u pogledu poznavanja oblasti zaštite intelektualne svojine od strane studenata završne godine VA, uzimajući u obzir da u toku svog školovanja nisu slušali predavanja iz ove oblasti, zaključeno je da pokazuju visok stepen interesovanja za ovu oblast, izražavajući u velikom broju mišljenje da poseduju nedovoljna znanja i da bi ubuduće u NPP VA trebalo planirati teme iz ove oblasti.

Takođe, zaključeno je da ne postoje značajne razlike između dve grupe studenata, kako u pogledu opšte informisanosti, tako i u pogledu informisanosti o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane.

Može se zaključiti da je neophodno početi sa edukovanjem iz te oblasti još u toku osnovnih studija na VA, a kasnije permanentno nastaviti i na višim oblicima obrazovanja i usavršavanja. Radi toga je potrebno u NPP planirati određeni broj tema iz oblasti opšte informisanosti o poznavanju oblika, sadržaja i načina zaštite intelektualne svojine, kao i postupka pa-

<sup>9</sup> Nivo značajnosti – sig nije manji od 0,05 ni za jednu varijablu (opšte informisanosti i informisanosti o regulisanju i zaštiti intelektualne svojine u sistemu odbrane).

tentne zaštite poverljivih pronalazaka i prihvatanja tehničkih unapređenja u sistemu odbrane. Broj i sadržaj tema prilagodio bi se nivou školovanja u saradnji sa nadležnim organima MO za školstvo i poslove inovacione delatnosti, kao i ostalim nadležnim institucijama u državi iz ove oblasti.

### *Literatura*

- [1] Zakon o patentima („Službeni list SCG“ br. 32 od 02. 07. 2004).
- [2] Jović, I.: Uputstvo o inventivnoj delatnosti u Vojski Jugoslavije, VIZ, Beograd, 2001.
- [3] Kostić, P., Hedrih, V.: Psihološka računarska statistika, v0,3, Hedrih Marketing & Business Logistics, poglavlja: Faktorska analiza i Statističko opisanje psiholoških pojava, Niš, decembar 2005.
- [4] Todorović, D.: Osnovi metodologije psiholoških istraživanja, Laboratorija za eksperimentalnu psihologiju, Beograd, 1995.
- [5] Uredba o postupku za pravnu zaštitu pronalazaka, „Službeni list SCG“, br. 62/04.
- [6] Uredba o načinu, postupku i merama zaštite poverljivih pronalazaka značajnih za odbranu („Službeni vojni list“ br. 47/08).
- [7] Čabarkapa, O.: Zaštita inovacija u funkciji jačanja sistema odbrane, doktorska disertacija, Beograd, Fakultet bezbednosti, decembar 2008.
- [8] Čabarkapa, O.: Zaštita inovacija u funkciji jačanja sistema odbrane, doktorska disertacija, Beograd, Fakultet bezbednosti, decembar 2008.

### KNOWLEDGE OF THE MILITARY ACADEMY STUDENTS IN THE FIELD OF INTELLECTUAL PROPERTY PROTECTION

#### *Summary:*

*What is expected from a future young officer concerning the knowledge about the intellectual property protection is the knowledge about the basic concepts of intellectual and industrial property, about the general procedure of classified innovation protection as well as capability to transfer knowledge and guidelines from this field to his associates working in the same organizational structure, especially regarding patent creation, application and protection. A research study involving the students of the final year at the Military Academy has been carried out, with the aim of obtaining information about the interest and preparedness of young officers with regard to the knowledge in the field of intellectual property, and especially to the creation and protection of classified patents. This paper gives the overview of the processed data obtained from the research and the subsequent conclusions.*

#### Introduction

The Ministry of Defense, as a state body responsible for defense affairs, has an organizational unit responsible for innovation activities. It provides protection of innovations of significance for the country defense;



furthermore, it is the only one in the country which provides the protection of classified innovations. This competent body of the Ministry of Defense for innovation affairs, in accordance with the Patent Law, accomplishes the tasks of a state body responsible for defense affairs related to the protection of classified innovations.

#### Research goals, target group and research instrument

The main goal of this research was to determine a level of interest, a level of information and a level of knowledge of the students of the final year of the Military Academy about the field of intellectual property.

A 15-question questionnaire was used for a target (sample) group of the students of the final year of the Military Academy Logistics Section and the Land Forces (LF) Section in 2006/2007 academic year [7].

**The target group (sample)** included 187 students, 119 out of whom were Logistics students and 68 students of the Land Forces Section. The research included a sample of 131 examinees, i.e. 70% – 23 of them were students of „branches” and 108 students of „technical” specialities.

**Data processing** [3, 4] has been based on the descriptive statistical analysis, frequency and percentage calculating, as well as arithmetical mean and standard deviation where possible and necessary. Data processing has been performed using the SPSS software for Windows, version 11.5.

#### Interest for the area of intellectual property

Some questions from the Questionnaire related to the assessment of the actual level of interest for the area of intellectual property by the Military Academy final year students are discussed in this part. The obtained results were summarized as follows:

- During their education, the Military Academy final year students were not taught about subjects from the field of intellectual property protection;
- Very small number of students has visited some of the innovations exhibitions;
- More than two thirds of students (67%) think that their knowledge about this field is insufficient;
- The majority of the students (over 77%) specified that it would be useful to include subjects from the field of intellectual property in the future Military Academia Curricula.

#### Level of being informed and knowledge about the field of intellectual property

The analysis of the level of being informed and the knowledge about the field of intellectual property protection was carried out in two directions. Firstly, the correctness of the answers to each question was analysed and secondly, the analysis was done regardless of the correctness, aiming at getting insight into the structure of students' knowledge, i.e. specific distortions in knowledge about the field of intellectual property protection.

The comparison of two subgroups of the students with different specialties has been also done in order to determine potential difference regarding the level of knowledge between these two subgroups.

#### General knowledge about intellectual property

Since basic information, which all Military Academy students are supposed to be familiar with, was involved in this survey, it can be concluded that the Military Academy final year students are not informed about intellectual property to a required extent.

#### Knowledge about regulations and the intellectual property protection in the defense system

After the data regarding the knowledge about regulations and intellectual property protection in the defense system has been processed, the following conclusions have been drawn:

- Fifty percent of students know that the Intellectual Property Office is responsible for patent protection in our country while only one student in three is informed that the classified patent protection is the scope of the MoD department for innovation affairs;
- The students are hardly informed about normative and legal regulations in the field of classified patent protection since only about 14% of answers were correct;
- Less than 50 % of the students are informed about the patent application procedure in the defense system;
- Every fifth student (approximately 22%) is informed about the procedure for realization of author's patent rights, including the single fee payment;
- There is no statistically significant difference between the students of the final year of the Military Academy of different specialties concerning the level of knowledge about intellectual property or the knowledge about regulations and protection of intellectual property in the defense system.

#### Conclusion

On the basis of the conducted research and the obtained data, it was concluded that the students of the final year of the Military Academy have a very low level of knowledge concerning general knowledge about the field of intellectual property as well as about regulations and protection of intellectual property significant for the defense system. One of the conclusions refers to the fact that the students were neither taught subjects from this field nor such subjects were planned in the curriculum.

*Key words: intellectual property protection, classified innovations, interest, level of knowledge.*

Datum prijema članka: 09. 09. 2010.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 29. 09. 2009.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 01. 10. 2009.

## STRUČNI ČLANCI

### SOFTVERSKI MODEL ESTIMATORA RADIJALNE BRZINE CILJEVA

Ivković S. *Dejan*, Generalštab Vojske Srbije, Uprava za  
obaveštajno-izviđačke poslove (J-2), Beograd

UDC: 621.396.96

#### Sažetak:

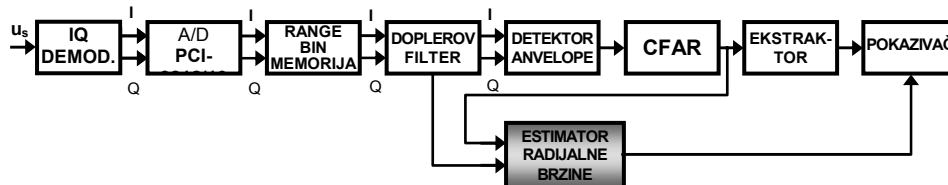
*U radu je softverski modelovan novi blok u delu za obradu signala softverskog radarskog prijemnika, koji je nazvan estimator radijalne brzine. Detaljno je opisan način procene Doplerove frekvencije na osnovu MUSIC algoritma i ukratko prikazan način rada pri merenju. Svi parametri pri merenju klatera i detekcije simuliranih i realnih ciljeva dati su tabelarno, a rezultati grafički. Na osnovu analize prikazanih rezultata može se zaključiti da se pomoću projektovanog estimatora radijalne brzine može precizno proceniti Doplerov pomak u reflektovanom signalu od pokretnog cilja, a samim tim može se precizno odrediti njegova brzina.*

*Ključne reči: softverski radar, estimator radijalne brzine, simulirani cilj, realni cilj.*

#### Uvod

U ovom radu je softverski modelovan novi blok u delu za obradu signala softverskog radarskog prijemnika. Ovaj blok ne postoji ni u razmatranom radaru ŽIRAFa, ni u mnogim drugim konvencionalnim radarima. Nazvan je estimator radijalne brzine. Mesto estimatora radijalne brzine u delu za obradu signala prikazano je na slici 1. Funkcija ovog novog bloka je da na osnovu podataka iz CFAR procesora o detekciji cilja i na osnovu podataka od Doplerovog filtera precizno odredi radijalnu komponentu brzine cilja. Na osnovu te bitne informacije može se preciznije predvideti putanja po kojoj se kreće cilj i sprovesti njegovo automatsko

praćenje. Softverski model estimatora radijalne brzine nastao je na osnovu matematičkog modela signala u radarskom prijemu. Matematički model signala je opisan u sledećem tekstu.



Slika 1 – Deo radarskog prijemnika za obradu signala sa softverski modelovanim blokovima i estimatorom radijalne brzine

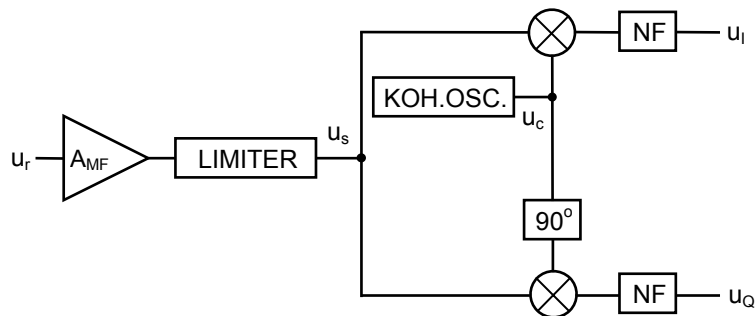
## Matematički model signala u radarskom prijemu

Na slici 2. prikazana je blok-šema IQ-demodulatora sa MF pojačavačem. Signal na ulazu MF pojačavača,  $u_r(t)$ , na međufrekvenciji,  $f_o$ , može se izraziti na sledeći način [6, 7]:

$$u_r(t) = U_r \cos(\omega_o t + \Phi(t) + \phi_r) \quad (1)$$

gde su:

- $\omega_o = 2\pi f_o$  kružna međufrekvencija,
- $\Phi(t) = 2\pi f_d t$  promena faze reflektovanog signala usled kretanja cilja i postojanja Doplerove frekvencije  $f_d$ ,
- $\phi_r$  početna faza reflektovanog signala i
- $U_r$  amplituda reflektovanog signala.



Slika 2 – Blok-šema IQ demodulatora

Ovaj signal se pojačava i ograničava, tako da na ulazu u IQ demodulator postoji signal oblika:

$$u_s(t) = A_{MF} U_r \cos(\omega_o t + \Phi(t) + \phi_r), \quad (2)$$

gde je  $A_{MF}$  vrednost pojačanja MF pojačavača. Signal na izlazu koherentnog oscilatora može se izraziti na sledeći način:

$$u_c(t) = U_c \cos(\omega_o t + \phi_c), \quad (3)$$

gde su:

- $U_c$  amplituda signala koherentnog oscilatora,
- $\phi_c$  početna faza signala koherentnog oscilatora.

Signal  $u_s(t)$  se u IQ demodulatoru deli na dve grane: I granu, koja je realni deo kompleksnog signala (u fazi) i Q granu, koja je imaginarni deo kompleksnog signala (u kvadraturi faze). U I grani, signali  $u_s(t)$  i  $u_c(t)$  dovode se na ulaz produktnog mešača, pa se na njegovom izlazu dobija signal oblika:

$$u_I(t) = u_s(t) \cdot u_c(t) \quad (4)$$

Zamenom izraza (2) i (3) u izraz (4) dobija se:

$$u_I(t) = A_{MF} U_r U_c \cos(\omega_o t + \Phi(t) + \phi_r) \cos(\omega_o t + \phi_c) \quad (5)$$

odnosno:

$$u_I(t) = A_{MF} U_r U_c \cos(2\pi(f_o \pm f_d)t + \phi_r) \cos(2\pi f_o t + \phi_c) \quad (6)$$

Primenom adicijonih formula dobija se sledeći izraz za signal na izlazu iz produktnog mešača u I grani:

$$u_I(t) = \frac{A_{MF} U_r U_c}{2} \cos(2\pi f_d t + \phi_1) + \frac{A_{MF} U_r U_c}{2} \cos(2\pi f_o t + \phi_2) \quad (7)$$

gde su:  $\phi_1 = \phi_r - \phi_c$  i  $\phi_2 = \phi_r + \phi_c$  fiksni fazni pomeraji. U izrazu (7) vidi se da se signal na izlazu produktnog mešača I grane sastoji od dve spektralne komponente. Prva je na nižoj Doplerovoj frekvenciji u osnovnom opsegu, a druga na međufrekvenciji. Na izlazu iz NF filtera, koji sledi, ostaje samo komponenta na Doplerovoj frekvenciji, pa je konačan izraz za izlazni signal u I grani:

$$u_I(t) = U_s \cos(2\pi f_d t + \phi_1) \quad (8)$$

gde je  $U_s$  amplituda tog signala i iznosi:

$$U_s = \frac{A_{MF} U_r U_c}{2} \quad (9)$$

Pošto Doplerova frekvencija zavisi od radialne komponente brzine cilja,  $V_r$ , i talasne dužine predajnog signala,  $\lambda$ , po jednačini:

$$f_d = \frac{2V_r}{\lambda} \quad (10)$$

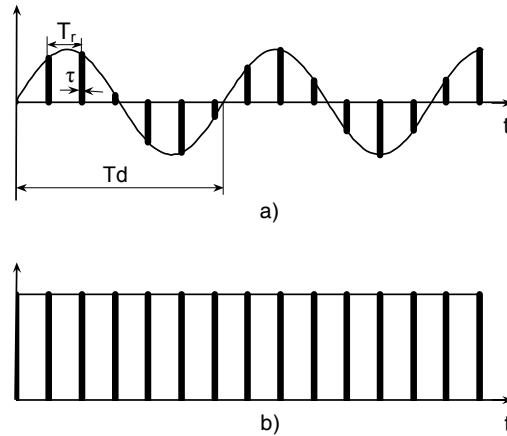
može se napisati sledeći oblik jednačine za izlazni signal u I grani:

$$u_I(t) = U_s \cos\left(\frac{4\pi}{\lambda} V_r t + \phi_1\right) \quad (11)$$

što predstavlja sinusoidu frekvencije  $2V_r/\lambda$ , odnosno perioda:

$$T_d = \frac{\lambda}{2V_r} \quad (12)$$

Ona je predstavljena isprekidanom linijom na slici 3a.



Slika 3 – Video impulsi na izlazu I grane IQ demodulatora:  
a) kada se cilj kreće, b) kada se cilj ne kreće

U Q grani, na ulaz njenog produktog mešača dovode se signal  $u_s(t)$  i signal  $u_c(t)$ , pomeren po fazi za  $90^\circ$ , tako da je na njegovom izlazu signal oblika:

$$u_Q(t) = A_{MF} U_r U_c \cos(\omega_o t + \Phi(t) + \phi_r) \sin(\omega_o t + \phi_c) \quad (13)$$

Posle slične analize, kao za I granu, dobija se jednačina za izlazni signal Q grane:

$$u_Q(t) = U_s \sin(2\pi f_d t + \phi_1) \quad (14)$$

ili:

$$u_Q(t) = U_s \sin\left(\frac{4\pi}{\lambda} V_r t + \phi_1\right) \quad (15)$$

Signali na izlazu I i Q grane predstavljaju realnu i imaginarnu komponentu reflektovanog signala od cilja, pa se može napisati da na izlazu IQ demodulatora postoji signal  $u_{DM}$  u sledećem matematičkom obliku:

$$u_{DM}(t) = u_I + ju_Q = U_s e^{j(2\pi f_d t + \phi)} \quad (16)$$

Sinusoide iz jednačina (11) i (15) nisu kontinualne, već predstavljaju niz od  $N$  uzoraka širine  $\tau < T_d$  uzetih sa periodom odabiranja  $T_r$ , gde je  $\tau$  širina predajnog impulsa radara, a  $T_r$  perioda ponavljanja impulsa:

$$T_r = \frac{1}{f_r} \quad (17)$$

gde je  $f_r$  frekvencija ponavljanja predajnih impulsa.  $N$  predstavlja broj uzoraka svake sinusoide u I i Q grani i zavisi od frekvencije ponavljanja predajnih impulsa,  $f_r$ , frekvencije obrtanja antene radara,  $f_s$ , i širine dijagrama zračenja antene,  $\theta_{3dB}$ , po formuli:

$$N = \frac{f_r \theta_{3dB}}{2\pi f_s} \quad (18)$$

Na osnovu ovoga, signal na izlazu IQ demodulatora može biti napisan u kompleksnom diskretnom obliku na sledeći način:

$$u_{DM}(k) = U_s e^{j(2\pi k f_d + \phi)} \quad (19)$$

gde je  $k$  celobrojni umnožak periode ponavljanja impulsa,  $T_r$ :

$$k = n \cdot T_r \quad n \in \{0, 1, 2, \dots, N-1\} \quad (20)$$

Dakle, stvarni izlazni signal IQ demodulatora predstavlja niz bipolarnih video impulsa promenljive amplitude, čija je ovojnica  $u_{DM}(t)$ . Oni su na slici 3a predstavljeni punom linijom, gde je pretpostavljeno da je  $T_d > T_r$ . Ukoliko je radialna komponenta brzine jednaka nuli (cilj je nepokretan, ili se kreće po kružnoj putanji oko radara), izlazni signal IQ demodulatora ima oblik:

$$u_{DM}(k) = U_s e^{j\phi} \quad (21)$$

pa su video impulsi iste amplitude (slika 3b).

Iz procenjene frekvencije anvelope signala  $u_{DM}(t)$  na sledeći način može se odrediti radialna komponenta brzine,  $V_r$ , detektovanog pokretnog cilja:

$$V_r = \frac{f_d \lambda}{2} \quad (22)$$

## Procena Doplerove frekvencije (MUSIC algoritam)

Frekvenciju anvelope signala  $u_{DM}(t)$  estimator radijalne brzine procenjuje preko odgovarajućeg algoritma, a onda na osnovu jednačine (22) proračunava radijalnu brzinu cilja. Tu informaciju pridružuje prostornim koordinatama cilja, a zatim je prosleđuje do bloka pokazivača. Digitalizovani signali iz I i Q grana od impulsa do impulsa dovode se u banku Doplerovih filtara, koja može biti realizovana na različite načine. U ovom redu analiziraćemo rezultate izvedbe estimatora radijalne brzine na bazi brze Furijeove transformacije (FFT) i pomoću poznate visokorezolucione metode MUSIC (*MUltiple Signal Classification*).

MUSIC algoritam razvijen je u prostornom domenu. On omogućava procenu parametara superponiranih signala na antenskom nizu, pri čemu se oni vremenski i spektralno delimično ili potpuno preklapaju. Iako je bažično razvijen u prostornom domenu, brojne su primene ovog algoritma za procenu superponiranih signala u vremenskom domenu (procena vremenskog kašnjenja poznatih sekvenci), spektralnom domenu (spektralna analiza ili procena parametara superponiranih sinusnih signala u šumu) i u združenom prostorno-vremensko-frekvencijskom domenu. U ovom redu primenjen je za procenu Doplerovog pomaka.

MUSIC algoritam je visokorezoluciona metoda, zasnovana na proceni korelacione matrice signala i nekim specifičnim svojstvima te matrice. Kroz klasifikaciju signala prvo se određuje broj superponiranih signala na ulazu u prijemnik, a zatim se procenjuju parametri svakog signala, od kojih su najvažniji smer dolaska i polarizacija. Znači, na prijemnu antenu dolaze superponirani sinusni signali, ali i neizbežni aditivni šum, što se može predstaviti sledećom jednačinom [11]:

$$u(t) = \sum_{k=1}^K \alpha_k e^{j\omega_k t} + n(t) \quad (23)$$

gde je:

- $K$  broj nepoznatih kompleksnih sinusnih signala,
- $\alpha_k$  su nepoznate amplitude,
- $\omega_k$  su nepoznate kružne frekvencije kompleksnih sinusoida,
- $n(t)$  je aditivni šum.

Korelaciona matrica  $\mathbf{R}$  za ulazni signal koji sadrži  $K$  nekorelisanih kompleksnih sinusoida srednje vrednosti nula i jedan signal šuma srednje vrednosti nula i varijanse  $\sigma^2$ , ima dimenzije  $(M+1) \times (M+1)$ , gde je  $M$  red FIR filtera koji se koristi u algoritmu. Korelaciona matrica  $\mathbf{R}$  definiše se kao:



$$\mathbf{R} = \mathbf{SDS}^H + \sigma^2 \mathbf{I} \quad (24)$$

gde je:

–  $\mathbf{D}$  – korelaciona matrica sinusnog signala dimenzija  $K \times K$  definisana jedinačinom:

$$\mathbf{D} = \text{diag}(P_1, P_2, \dots, P_K), \quad (25)$$

–  $\mathbf{I}$  – jedinična matrica dimenzija  $(M+1) \times (M+1)$ ,

–  $\mathbf{S}$  – matrica sinusnog signala dimenzija  $(M+1) \times K$  definisana jednačinom:

$$\mathbf{S} = [\mathbf{s}_1, \mathbf{s}_2, \dots, \mathbf{s}_K] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & \dots & \dots & 1 \\ e^{-j\omega_1} & e^{-j\omega_2} & \dots & \dots & \dots & e^{-j\omega_K} \\ e^{-j2\omega_1} & e^{-j2\omega_2} & \dots & \dots & \dots & e^{-j2\omega_K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ e^{-jM\omega_1} & e^{-jM\omega_2} & \dots & \dots & \dots & e^{-jM\omega_K} \end{bmatrix} \quad (26)$$

$P_1, P_2, \dots, P_K$  su srednje snage nepoznatih sinusoida, a  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_K$  su njihove kružne frekvencije.

Neka su  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_{M+1}$  sopstvene vrednosti korelacione matrice  $\mathbf{R}$  i  $\nu_1 \geq \nu_2 \geq \dots \geq \nu_{M+1}$  sopstvene vrednosti matrice  $\mathbf{SDS}^H$ . Tada iz jednačine (24) sledi:

$$\lambda_i = \nu_i + \sigma^2 \quad i = 1, 2, \dots, M+1 \quad (27)$$

Pošto je  $(M+1-K)$  najmanjih sopstvenih vrednosti matrice  $\mathbf{SDS}^H$  jednako nuli, sledi da su najmanje sopstvene vrednosti korelacione matrice  $\mathbf{R}$  jednake  $\sigma^2$ , pa važi:

$$\lambda_i = \begin{cases} \nu_i + \sigma^2 & , \quad i = 1, \dots, K \\ \sigma^2 & , \quad i = K+1, \dots, M+1 \end{cases} \quad (28)$$

Sopstveni vektori korelacione matrice  $\mathbf{R}$  predstavljaju bazu multimensionalnog prostora, a iz jednačine (28) zaključuje se da su u tom prostoru međusobno ortogonalni. To je njihova fundamentalna osobina, pa se taj prostor može podeliti na dva razdvojena potprostora. Prvi je nazvan potprostor signala i određen je pomoću sopstvenih vektora sa  $K$  najvećih sopstvenih vrednosti korelacione matrice. Drugi je nazvan potprostor šuma, a određuju ga sopstveni vektori sa  $M+1-K$  najmanjih sopstvenih vrednosti korelacione matrice. Upravo ova podela prostora na

signalni i šumni deo omogućava da se kroz traženje vektora sinusnih signala  $\mathbf{s}_k$ , koji su ortogonalni potprostoru šuma, odrede frekvencije nosioca kompleksnih sinusoida u ulaznom signalu.

Sam MUSIC algoritam odvija se u tri koraka. Prvi korak obuhvata procenu korelacione matrice  $\mathbf{R}$  i proračun njenih sopstvenih vrednosti i sopstvenih vektora. U konkretnom slučaju korelaciona matrica se procenjuje na sledeći način [11]:

$$\mathbf{R} = \frac{1}{2(N-M)} \sum_{n=M+1}^N [\mathbf{u}(n)\mathbf{u}^H(n) + \mathbf{u}^{B*}(n)\mathbf{u}^{BT}(n)] \quad (29)$$

gde je:

–  $\mathbf{u}(n)$  ulazni vektor dimenzija  $(M+1) \times 1$  definisan kao:

$$\mathbf{u}^T(n) = [u(n), u(n-1), \dots, u(n-M)] \quad (30)$$

–  $\mathbf{u}^B(n)$  reverzni ulazni vektor dimenzija  $(M+1) \times 1$  definisan kao:

$$\mathbf{u}^{BT}(n) = [u(n-M), u(n-M+1), \dots, u(n-1), u(n)] \quad (31)$$

–  $N$  ukupan broj uzoraka ulaznog signala i

–  $M$  red FIR filtra koji se koristi u algoritmu.

Od  $(M+1-K)$  najmanjih sopstvenih vrednosti korelacione matrice formira se matrica  $\mathbf{X}_N$  dimenzija  $(M+1) \times (M+1-K)$  čiji elementi određuju matriću potprostora šuma.

Spektar ulaznog signala izračunava se prema jednačini koja je data u [11]:

$$S(\omega) = \frac{1}{\sum_{i=K+1}^{M+1} |\mathbf{s}^H(\omega)\mathbf{x}_i|^2} = \frac{1}{\mathbf{s}^H(\omega)\mathbf{X}_N\mathbf{X}_N^H\mathbf{s}(\omega)} \quad (32)$$

gde je:

–  $\mathbf{s}(\omega)$  vektor signala definisan kao:

$$\mathbf{s}^T(\omega) = [1, e^{-j\omega}, e^{-j2\omega}, \dots, e^{-jM\omega}] \quad (33)$$

–  $\mathbf{x}_i$  i-ti sopstveni vektor korelacione matrice  $\mathbf{R}$  iz (29).

Frekvencije sinusoida određene su kao argumenti maksimuma funkcije  $S(\omega)$ . Pošto je MUSIC algoritam visokorezoluciona metoda, Doplerov pomak se vrlo precizno određuje. Ovaj algoritam se veoma uspešno primenjuje i kada treba po brzini razdvojiti više ciljeva sa bliskim prostornim koordinatama, koji zbog svoje blizine stvaraju površinski cilj na pokazivaču.

## Prikaz i analiza procene brzine kretanja ciljeva

Konvencionalni radari, kao što je radar ŽIRAFa, nemaju mogućnost određivanja brzine ciljeva. Zato je u ovom radu softverski modelovan i prethodno opisan novi blok pod nazivom estimator radijalne brzine (slika 1). I njegova implementacija realizovana je u programskom paketu MATLAB. Rad estimatora radijalne brzine proveren je prvo sa simuliranim, a zatim sa realnim ciljevima. Akvizicija realnog radarskog signala izvršena je sa frekvencijom odabiranja A/D konvertora od 2 MHz zbog ranije opisanog razloga, pa je CFAR procesor ponovo projektovan tako da je osam puta većeg reda nego originalni CFAR procesor u radaru ŽIRAFa. Verovatnoća lažnog alarma održava se na vrednosti  $10^{-6}$ . Širina dijagrama zračenja antene radara ŽIRAFa je  $\theta_{3dB} = 2,1^\circ$ , frekvencija obrtanja antene  $f_s = 1$  Hz, frekvencija ponavljanja predajnih impulsa  $f_r = 2350$  Hz, tako da se preko jednačine (18) dobija  $N = 13$  uzoraka Doplerove sinusoide sa slike 3a. Frekvencija nosioca u impulsu predajnog signala, trajanja  $\tau = 6 \mu s$ , iznosila je 4 GHz. U tabeli 1 dat je pregled svih parametara akvizicije podataka.

Tabela 1

Parametri akvizicije realnog radarskog signala

Parametar	Vrednost
Frekvencija odabiranja	$f_{sm} = 2$ MHz
Broj ćelija CFAR procesora	$2n = 64$
Verovatnoća lažnog alarma	$P_{fa} = 10^{-6}$
Faktor skaliranja	$T_h = 4,623$
Broj predajnih impulsa	$N = 5900$
Širina predajnog impulsa	$\tau = 6 \mu s$
Frekvencija nosioca predajnog impulsa	$f_t = 5,4$ GHz
Frekvencija ponavljanja impulsa	$f_r = 2350$ Hz
Frekvencija obrtanja antene	$f_s = 1$ Hz
Širina dijagrama zračenja antene	$\theta_{3dB} = 2,1^\circ$

## Procena Doplerove frekvencije simuliranih ciljeva

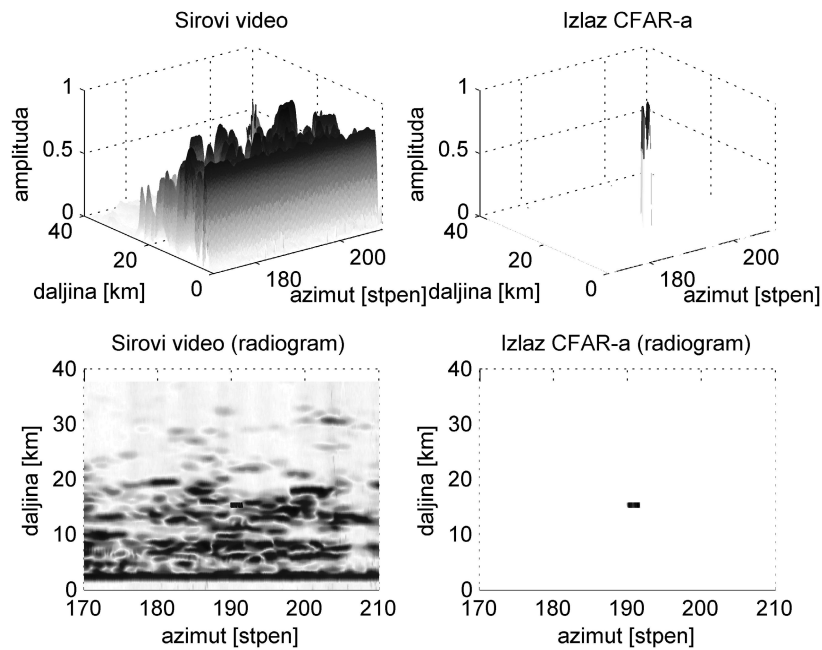
Da bi se proverila tačnost procene Doplerove frekvencije, u prvom slučaju je simuliran cilj sa Doplerovom frekvencijom od 1500 Hz. Parametri cilja prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2

Parametri cilja

Parametar	amplituda $U_s$	Doplerova frekvencija $f_d$	daljina $R$	azimut $\theta$
Vrednost	2	1500 Hz	15 km	190°

Na slici 4 prikazan je sirovi video signal i signal na izlazu iz CFAR procesora za opseg po azimutu od 170° do 210°.

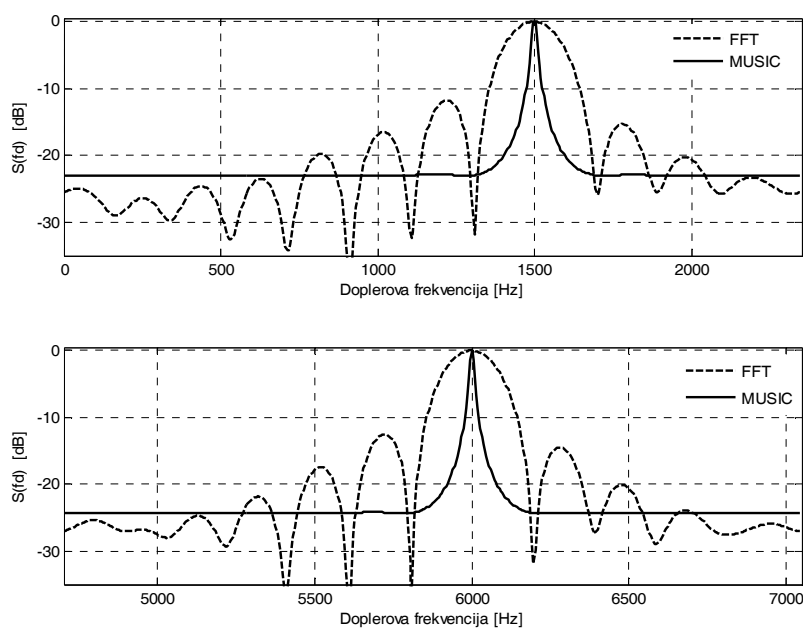


Slika 4 – Sirovi video signal, izlaz CFAR procesora i njihovi radiogrami

Spektar Doplerove sinusoide dobijen preko modelovanog estimatora radialne brzine prikazan je u gornjem delu slike 5. Svi spektri Doplerovih sinusoida proračunati su u 512 tačaka. Uočava se da MUSIC metoda daje precizniju procenu Doplerove frekvencije nego FFT metoda.

U donjem delu slike 5 prikazani su rezultati procene Doplerove frekvencije pomoću MUSIC i FFT metode, za cilj koji za razliku od prethodnog stvara Doplerov pomak od 6000 Hz. Rezultati su isti kao u prethodnom slučaju.

Estimator radijalne brzine je dobro procenio Doplerove frekvencije oba simulirana cilja. Na osnovu toga može se pretpostaviti da će procena Doplerove frekvencije realnih ciljeva biti uspešna.



Slika 5 – Spektar Doplerove sinusoide

## Procena Doplerove frekvencije realnih ciljeva

U ovom odeljku prikazani su rezultati rada estimatora radijalne brzine pri detekciji realnih ciljeva. Obavljena su dva merenja realnog radar-skog signala prema opisanoj šemi merenja u [3]. Frekvencija ponavljanja predajnih impulsa bila je 2350 Hz, a frekvencija nosioca u impulsu predajnog signala trajanja  $\tau = 6 \mu\text{s} - 5,4 \text{ GHz}$ .

Prilikom prvog merenja postojala su dva realna cilja. Oba cilja bila su putnički mlazni avioni koji su leteli na redovnim linijama. Podaci o brzini i visini leta nisu bili poznati. Prvi cilj nalazio se u oblasti jakog klatera, dok je drugi bio izvan te oblasti.

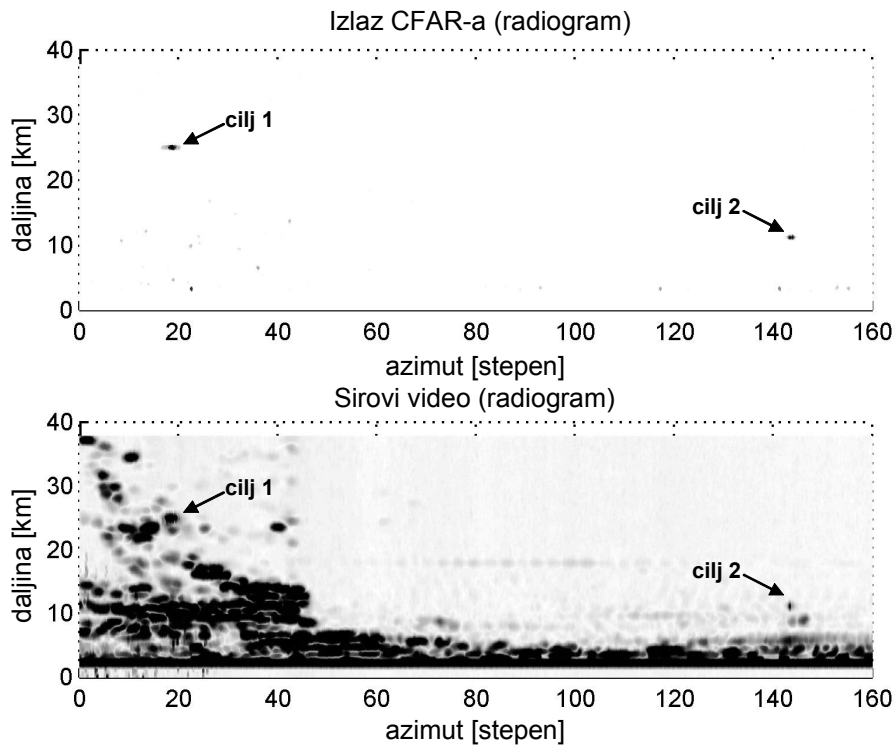
Pri drugom merenju postojao je samo jedan realni cilj – putnički mlazni avion. Leteo je na relativno malom rastojanju (oko 10 km) od radara ŽIRAFa, ali se nalazio u oblasti veoma snažnog klatera, tako da se bez primene digitalne obrade signala nije mogao uočiti na radarskom pokazivaču. Podaci o brzini i visini leta, takođe, nisu bili poznati. Osnovni parametri ova tri realna cilja prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3

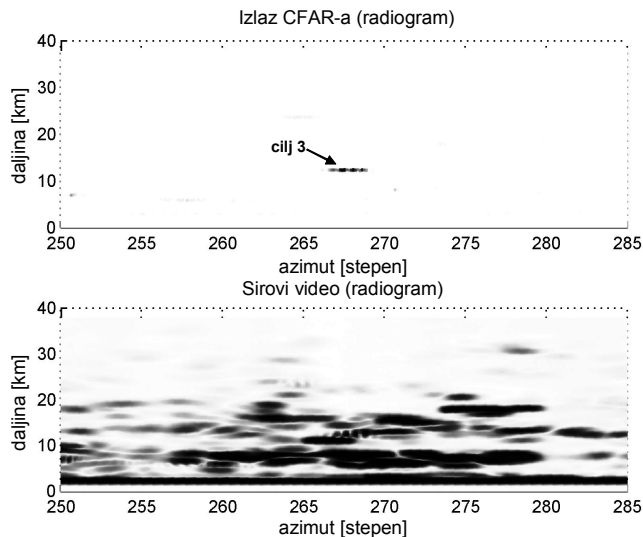
Osnovni parametri realnih ciljeva

Parametar	cilj 1	cilj 2	cilj 3
Daljina $R$	25 km	11 km	12,5 km
Azimet $\theta$	19°	144°	268°

Sirovi video signal i signal na izlazu CFAR procesora, za prvo merenje, prikazani su na slici 6, a za drugo merenje na slici 7.

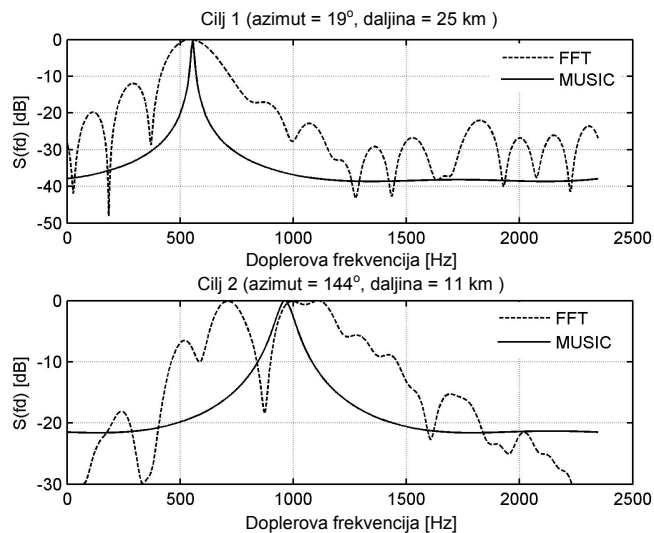


Slika 6 – Sirovi video signal i izlaz CFAR procesora sa realnim ciljevima 1 i 2

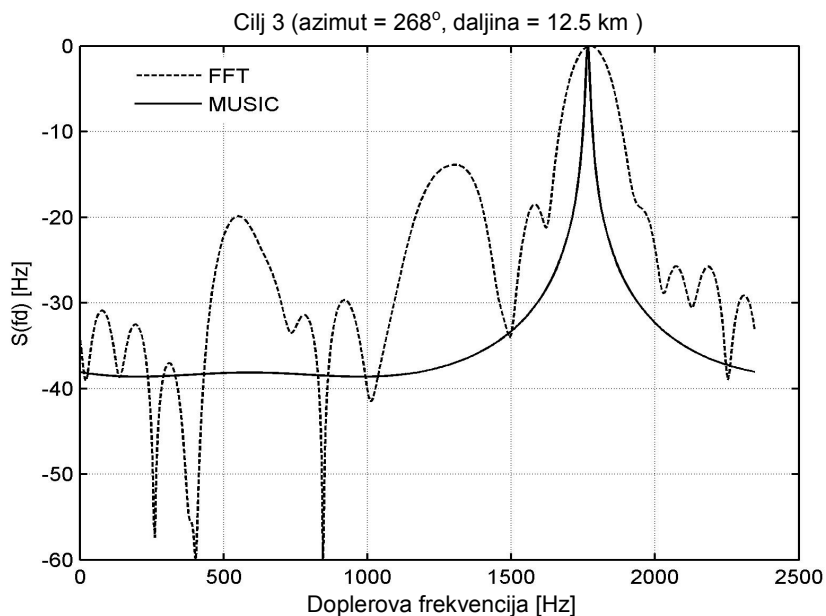


Slika 7 – Sirovi video signal i izlaz CFAR procesora sa realnim ciljem 3

Spektri Doplerovih sinusoida za prvi i drugi realni cilj, dobijeni preko modelovanog estimatora radijalne brzine, prikazani su na slici 8. Spektar Doplerove sinusoida trećeg cilja prikazan je na slici 9. I kod realnih ciljeva uočava se da MUSIC metoda daje precizniju procenu Doplerove frekvencije nego FFT metoda. Procenjene Doplerove frekvencije i proračunate radijalne brzine realnih ciljeva preko jednačine (22) prikazane su u tabeli 4.



Slika 8 – Spektri Doplerovih sinusoida



Slika 9 – Spektar Doplerove sinusoide

Tabela 4

Osnovni parametri realnih ciljeva

Parametar	cilj 1,	cilj 2,	Cilj 3,
Doplerova frekvencija $f_d$ [Hz]	555	960	1767
Radijalna brzina $V_r$ [m/s]	142	26,67	49,08

## Razdvajanje ciljeva po Doplerovoj frekvenciji

Analizirana je situacija kada se dva cilja sličnih karakteristika i približno istih brzina istovremeno nalaze unutar iste rezolucione ćelije radara. Parametri za ova dva cilja prikazani su u tabeli 5.

Tabela 5

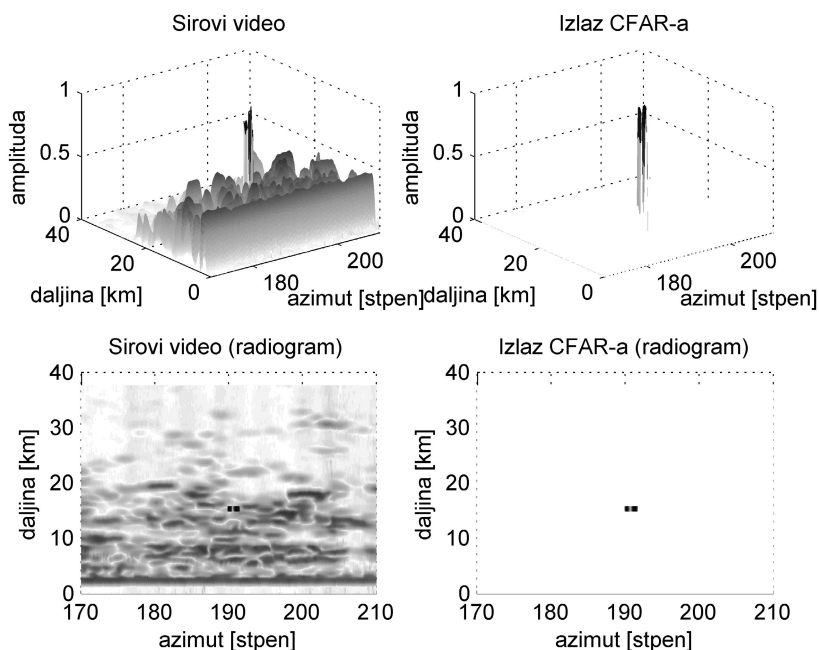
Parametri ciljeva

Parametar	cilj 1	cilj 2
Amplituda $U_s$	2	2
Doplerova frekvencija $f_d$	1500 Hz	1800 Hz
Daljina $R$	15 km	15 km
Azimut $\theta$	190°	190°

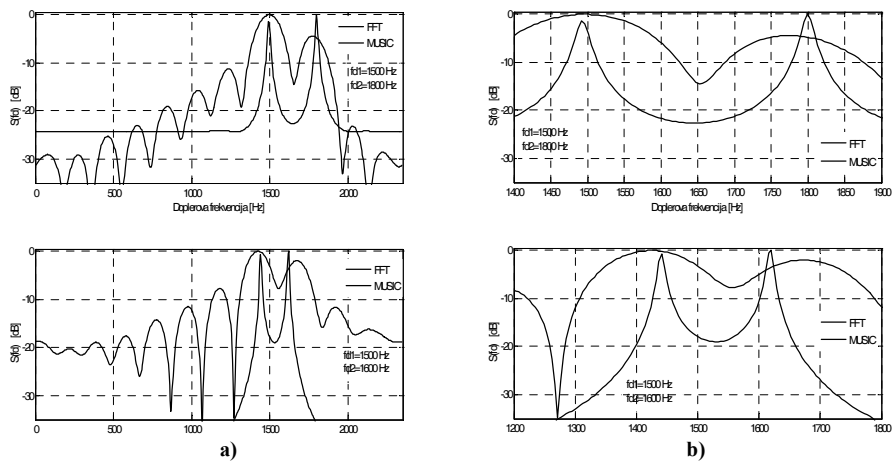


Kao što se vidi na slici 10, na radiogramu ovakvi ciljevi ne bi mogli da se razdvoje, tj. oba cilja bi se na panoramskom pokazivaču prikazala kao jedan. Međutim, analizom je utvrđeno da je estimator radialne brzine uspeo da odredi Doplerov pomak i cilja 1 i cilja 2 (slika 11a). Ponovo je MUSIC metoda dala bolje rezultate od FFT metode. Ako se smanji razlika u Doplerovoj frekvenciji ova dva cilja na samo 100 Hz, FFT metoda postaje neupotrebljiva, dok se pomoću MUSIC metode ciljevi uspešno razdvajaju po brzini, s tim što se povećava greška procene Doplerove frekvencije. Na slici 11b bolje se uočavaju navedene prednosti MUSIC metode.

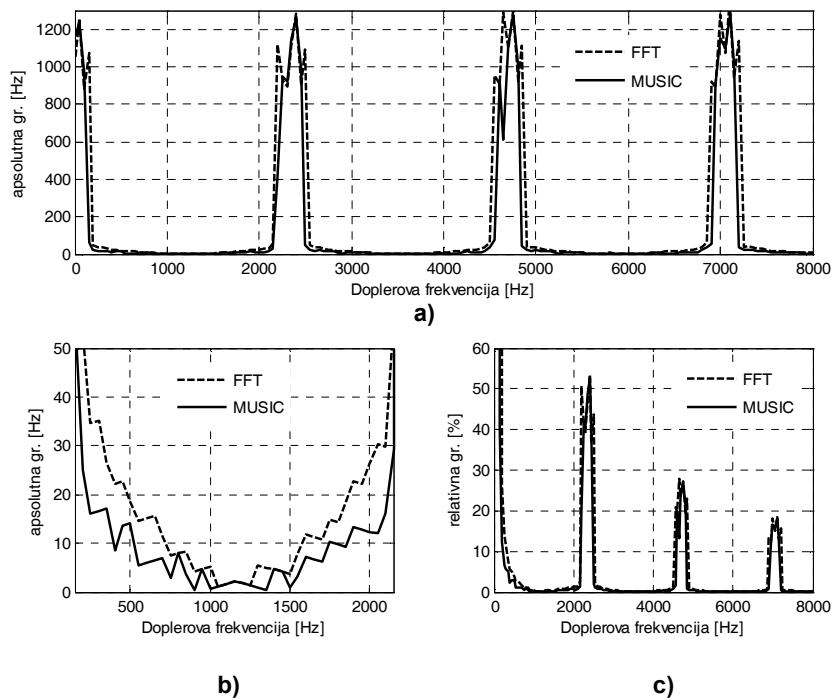
Analizirane su apsolutne i relativne greške koje se čine pri proceni Doplerove frekvencije, a rezultati su prikazani na slici 12. Na slici 12a jasno se uočavaju slepe brzine na svakom celobrojnom umnošku frekvencije ponavljanja predajnih impulsa  $f_r = 2350$  Hz. Na slici 12b jasnije se uočava da MUSIC metoda stvara manju apsolutnu grešku od FFT metode. Najmanja apsolutna greška je svega nekoliko herca na polovini intervala između dve uzastopne zone slepih brzina. Na slici 12c uočava se da relativna greška procene Doplerove frekvencije opada sa porastom Doplerove frekvencije,



Slika 10 – Sirovi video signal, izlaz CFAR procesora i njihovi radiogrami (dva cilja u istoj rezolucioj ćeliji radara)



Slika 11 – Spektri Doplerovih sinusoida



Slika 12 – Apsolutna i relativna greška procene Doplerove frekvencije

## Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da se pomoću projektovanog modela softverskog radarskog prijemnika i estimatora radijalne brzine može precizno proceniti Doplerov pomak u reflektovanom signalu od pokretnog cilja, a samim tim i njegova brzina. MUSIC metoda je u svim analizama dala bolje rezultate od FFT metode, i po pitanju preciznosti estimacije i po stepenu razdvajanja dve bliske Doplerove frekvencije. Modelovanjem konvencionalnih radara kroz primenu koncepta softverskog radara mogu se poboljšati njihove performanse. Na osnovu ove realizacije moguće je unaprediti karakteristike postojećeg radara po pitanju precizne estimacije brzine detektovanih pokretnih ciljeva.

### Literatura

- [1] Ivković, D., *Koncept softverskog radara*, Vojnotehnički glasnik br. 1/2007, str. 40–49, Beograd ISSN: 0042–8469.
- [2] Ivković, D., *Modifikacija konvencionalnih radara na bazi koncepta softverskog radara*, Vojnotehnički glasnik br. 2/2007, str. 178–191, Beograd, ISSN : 0042–8469.
- [3] Ivković, D., *Rezultati obrade signala u projektovanim blokovima prijemnika softverskog radara*, Vojnotehnički glasnik br. 2/2008, str. 167–180, Beograd, ISSN: 0042–8469.
- [4] Reed, J. H., *Software Radio, Communications Engineering and Emerging Technologies*, Prentice-Hall PTR, 2002.
- [5] Grydeland, T., *Interferometric and high time-resolution observations of Naturally Enhanced Ion-Acoustic Echoes at the EISAT Svalbard Radar: Software radar and Incoherent Scattering*, Doctor Scientiarum Dissertation, Faculty of Science Department of Pysics, University of Tromso, 2003.
- [6] Chung-Yi, C., *Modeling and simulation of a search radar receiver*, Naval Postgraduate School Monterey California, septembar 1996.
- [7] Zatkalik, J., *Radiolokacija I deo*, „Nauka“, Beograd, 1995.
- [8] Grydeland, T., *Software radar signal processing*, Annales Geophysicale, 2004.
- [9] Popović, M., *Digitalna obrada signala*, Nauka, Beograd, 1996.
- [10] Schleher, D. C., *MTI and Pulsed Doppler Radar*, Artech House, USA Norwood, 1991.
- [11] Haykin, S., *Adaptive Filter Theory*, Prentice-hall, New Jersey, 1986.

### SOFTWARE MODEL OF A RADIAL VELOCITY ESTIMATOR

#### Summary:

#### Introduction

*A new block for signal processing in a software radar receiver is software modeled in this paper. This block, named the estimator of radial velocity, does not exist either in the considered radar GIRAFFE or many of-*

her conventional radars. Its function is to determine precisely the target radial velocity component on the basis of data from the CFAR processor about target detection and on the basis of data from the Doppler filter. A precise prediction of the target path line and the realization of target automatic tracking is thus possible. A software model of the estimator of radial velocity is based on the signal mathematical model in the radar receiver.

Signal mathematical model in the radar receiver

*The signal mathematical model is described in this paper. It was shown that an actual output signal of the IQ-demodulator represents a stream of bipolar video pulses with a variable amplitude, the envelope of which is  $u_{DM}(t)$ . It is possible to determine the radial velocity component  $V_r$  of a detected moving target by using the estimated frequency of the signal envelope.*

Doppler frequency estimation (MUSIC algorithm)

*The method of the Doppler frequency estimation on the basis of the MUSIC algorithm is depicted in detail. The frequencies of sinusoids are determined as the arguments of the function  $S(\omega)$  maximum values. Since the MUSIC algorithm is a high-resolution method, it is possible to determine the Doppler shift very precisely. This algorithm is very successfully applied in the case of separation of more targets with closely space coordinates, which generate a surface target on the indicator because of their closeness.*

Representation and analysis of the target velocity estimation

*The implementation of the estimator of radial velocity was realized in MATLAB. The estimator of radial velocity was checked first with simulated targets and with real ones afterwards. The acquisition of the real radar signal was realized at an A/D converter sampling frequency of 2 MHz because of the aforementioned reason. The CFAR processor was designed again with an eight times higher range than that of the original CFAR processor in the GIRAFFE radar.*

Doppler frequency estimation for simulated and real targets

All parameters in clutter measuring and simulated and real target detection were shown in tables while the results were shown graphically.

Target separation per Doppler frequency

*The paper shows the method of target separation per Doppler frequency when two targets with similar performances and approximately same velocities are within the same resolution radar cell simultaneously.*

Conclusion

*In all analyses the MUSIC method has given better results than the FFT method. The MUSIC method proved to be better at estimation precision as well as at resolving two adjacent Doppler frequencies. On*

*the basis of the obtained results, the designed estimator of radial velocity can be said to estimate Doppler frequency in the reflected signal from a moving target precisely, and, consequently, the target velocity. It is thus possible to improve the performances of the current radar as far as a precise estimation of velocity of detected moving targets is concerned.*

Key words: *software radar, radial velocity estimator, simulated target, real target.*

Datum prijema članka: 22. 05. 2009.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 20. 10. 2009.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 22. 10. 2009.

## KONTROLA TAČNOSTI REZULTATA U SIMULACIJAMA MONTE KARLO

Nikolić V. *Nebojša*, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Sektor za politiku odbrane, Institut za strategijska istraživanja, Beograd

UDC: 519.245/.246

### Sažetak:

*U radu je demonstrirana primena metode automatizovanog ponavljanja nezavisnih simulacionih eksperimenata sa prikupljanjem statističke slučajnih procesa, u dostizanju i kontroli tačnosti simulacionih rezultata u simulaciji sistema masovnog opsluživanja Monte Karlo. Metoda se zasniva na primeni osnovnih stavova i teorema matematičke statistike i teorije verovatnoće. Tačnost simulacionih rezultata dovedena je u direktnu vezu sa brojem ponavljanja simulacionih eksperimenata.*

*Ključne reči: simulacije Monte Karlo, kontrola tačnosti, masovno opsluživanje.*

### Uvod

Savremene ratove karakteriše visok nivo intenziteta naprezanja snaga, nelinearnost i asimetričnost dejstava, dinamičnost i relativna kratkotrajnost uz oduvek prisutnu složenost i neizvesnost. Potreba za proučavanjem kompleksne fizionomije savremenog ratovanja nameće niz zahteva istraživačima. Simulacione metode pokazale su se kao veoma pogodne u modelovanju složenih sistema i procesa u kojima postoje faktori stohastičke prirode.

Međutim, simulacione metode imaju i jedan nedostatak; to je problem kontrole tačnosti simulacionih rezultata, što je posebno izraženo u simulaciji stohastičkih sistema i procesa. Preokupirani rešavanjem složenosti modela, istraživači često zanemaruju pitanje obezbeđenja tačnosti izlaznih simulacionih rezultata. Ipak, problem tačnosti simulacija prepoznat je u naučnim krugovima, što je rezultiralo nizom pokušaja njegovog rešavanja. Jedno od prvih otvorenih upozorenja svima koji se bave simulacijom ili koriste njene rezultate, uputio je Gaither B., 1990, glavni urednik časopisa ACM Performance Evaluation Review, u svom članku „Empty empiricism“ 0, u kojem kaže: „...Nije mi poznata ni jedna druga inženjerska ili naučna oblast u kojoj je dopuštena tolika sloboda u tumačenju rezultata kao u simulaciji“.

U mnogim radovima iz oblasti simulacija pitanja tačnosti simulacionih rezultata se nedovoljno ili čak uopšte ne razmatraju, a često se ne prikazuje ni potpuni eksperimentalni opis simulacionih eksperimenata. Ova situacija, koja je sama po sebi problem, detaljno je analizirana u radu 0, gde je istaknuto da se u preko 70% publikacija nije vodilo računa o, blago rečeno, problemima tačnosti rezultata simulacije, pa su autori ovo stanje u oblasti simulacije nazvali KRIZOM. Time je potvrđen i navedeni utisak Gaithera, kao i aktuelnost problema tačnosti rezultata dobijenih primenom simulacionih metoda.

## Simulacije i matematička statistika

Simulacione metode postale su veoma aktuelne uporedo sa širom primenom računarske tehnike i praktično prate razvoj računara i softvera, što znači da su u stalnoj ekspanziji primene, ali i razvoja. Osnovna veza simulacija Monte Karlo sa informatičkom oblašću jeste da se „osnovni materijal“ (statistički uzorci) za metodu obezbeđuje informatičkim sredstvima. Zato su ove metode poznate i pod sledećim terminima: računarska simulacija, simulacija stohastičkih događaja, stohastička simulacija, metoda Monte Karlo, simulaciono modelovanje, itd. U skladu sa sveprisutnom informatizacijom, metoda simulacionog modelovanja slučajnih procesa (metoda Monte Karlo) postala je vrlo popularna i široko primenjena u raznim oblastima, a primenjuju je istraživači i praktičari različitih profila i matematičkih znanja. Jednu od najjednostavnijih formulacija statističke prirode eksperimenata na simulacionim modelima izrekao je, početkom osamdesetih godina dvadesetog veka, Cooper R., 0: „Simulacija (simulacioni prolaz) jeste statistički eksperiment“ („*A simulation run is a statistical experiment, ...*“, u poznatoj i često citiranoj knjizi, str. 288).

Krajnji proizvod primene ove metode je simulacioni model u formi programa za računar, čiji je osnovni zadatak da oponaša (simulira) rad i ponašanje proučavanog realnog sistema. Postoje brojni računarski jezici, kako opšti tako i specijalizovani za simulaciju, a stalno se pojavljuju sve bolji i moćniji specijalizovani simulacioni paketi. Međutim, može se pokazati da je ova popularnost i kontraproduktivna, jer je na neki način zaboravljeno, ili bar zanemareno statističko ishodište i statistička priroda ove metode.

Neodvojivi pojam, kad god se govori o statistici, jeste pojam matematičke verovatnoće. Naizgled jednostavan, ali pojam koji se u osnovnim akademskim kursevima određuje kroz bar četiri definicije: klasična, geometrijska, statistička (frekvencijalna) i aksiomatska definicija verovatnoće. Statistička, odnosno frekvencijalna definicija verovatnoće je najprimerenija potrebama problematike u ovom radu.

U odnosu na egzaktne (analitičke i numeričke) matematičke metode, glavni nedostatak simulacionih metoda je problematična tačnost rezultata, odnosno nedovoljna spoznaja koliko je maksimalno odstupanje ili greška rezultata i koliki je nivo poverenja za te rezultate. Postoje brojni radovi, uglavnom u stranoj literaturi, koji su posvećeni upravo sagledavanju i otklanjanju nedostataka po pitanju tačnosti simulacionih metoda. U tom smislu problematika primene i razvoja metoda simulacionog modelovanja je vrlo aktuelna. Kao potvrda ovog stava, citiraće se (u slobodnom prevodu) navodi iz dva rada referentnih autora, iz različitih perioda:

A) Početak osamdesetih godina 20. veka, Cooper R., 1981, 0 (str. 288): *„...Verovatno je pošteno reći da opšti pokušaj da se realizuje potencijal visokoeфикаsnih i informacijama bogatih simulacionih rezultata uz visok stepen kontrole simulacionog modela i ulaznih podataka, još nije ostvaren. To je oblast aktivnih istraživanja, ali još ne posebno produktivna u smislu obezbeđenja korisnih procedura za praktičare. U ovom poglavlju diskutovaće se o nekim statističkim pitanjima (ali, na nesreću, ne mnogo u smislu davanja odgovora): 1) Prvo pitanje je očigledno: Koliko dugo treba da se dosegne statistički ekvilibrijum (stacionarno stanje, primedba NN)? ... 2) Pretpostavimo da je pitanje doseganja ekvilibrijuma rešeno. Koliko onda dodatnih dolazaka klijenata u sistem treba simulirati da bi simulacioni rezultati bili bliski „pravim“ vrednostima? Drugim rečima, koliko veliki treba da bude uzorak? I da li je bolje uraditi jednu dužu, ili nekoliko kraćih simulacija“.*

B) Godine 2000. Goldsman, Marshall, Seong-Hee i Nelson, 0 (str. 552) konstatuju: *„...Uprkos našem uverenju, ima određeni broj stvari koje još treba odrediti: 1) dugopostojeći problem inicijalizacije (početni, prelazni period simulacije, primedba NN), .... 2) čak i pretpostavljajući da je problem inicijalizacije rešen, još uvek ostaje fundamentalno pitanje o tome kada je dovoljno podataka sakupljeno da bi se imao statistički validan uzorak. ... 3) nijedna od novih procedura izloženih u radu ne obuhvata direktno tehnike za smanjenje varijanse...“*

Modeli koji su bili korišćeni u brojnim istraživanjima o tačnosti simulacionih rezultata, po pravilu su bili modeli sistema masovnog opsluživanja (SMO)! Time je i inače izazovan problem tačnosti simulacionih rezultata postao još teži i izazovniji. Razlog tome je uticaj prelaznog režima rada SMO (detaljnije videti u 0). Robinson S., 0, klasifikuje čak 26 procedura za razmatranje problema početnog perioda simulacije, odnosno prelaznog režima rada sistema.

Ostale metode (analitičke i numeričke) koriste se sa ciljem provere rezultata dobijenih simulacijom. Ovakva provera moguća je samo za jednostavnije modele za koje postoji analitički opis. Osnovna ideja jeste da se iskoriste prednosti simulacionih metoda (sposobnost relativno lakog opisa, kreiranja i razmatranja sistema bilo kog tipa, složenosti i veličine), a njihovi nedostaci svedu na najmanju meru.



## Ocena kvaliteta efikasne metode

Da bi jedna metoda razmatranja sistema masovnog opsluživanja bila efikasna, mora da zadovolji sve zahteve koje nameće proučavanje realnih SMO, u ovom slučaju SMO iz vojne oblasti. Ti zahtevi su sledeći:

1) bilo koji tip SMO (razne funkcije gustine verovatnoće potoka klijenata);

2) bilo koja složenost SMO (broj i karakter veza; disciplina opsluge; strpljivost, itd.)

3) bilo koja veličina SMO (mreže redova ili višefaznost opsluge);

4) bilo koja opterećenost sistema (manje, jednako ili veće od jedan);

5) bilo koje vreme rada SMO (konačno ili proizvoljno veliko).

Pored nabrojanih aspekata univerzalnosti, efikasna metoda razmatranja realnih SMO mora da bude i:

6) tačna;

7) jednostavna i razumljiva;

8) dostupna po pitanju resursa (jeftina).

Treba istaći da su zahtevi navedeni pod 1), 2), 3) i donekle 5) do sada uglavnom rešeni samom primenom metoda simulacionog modelovanja u domenu opisa i kreiranja složenih simulacionih modela, ali ne i sa dovoljno spoznatom tačnošću i poverenjem u izlazne simulacione rezultate. Drugim rečima, simulaciono modelovanje ima potencijala za opis-izgradnju modela složenih sistema, ali još uvek nema mogućnosti da zadovolji zahteve navedene pod: 4), 6), 7), i 8) i to ne samo za složene sisteme, već i za tzv. najjednostavnije.

## Veza tačnosti i broja ponavljanja simulacija

Sušтина primenjene metode sadržana je u njenom nazivu: „*Automatizovana nezavisna ponavljanja simulacionih eksperimenata, sa prikupljanjem statistike slučajnih procesa*“ („**Automated Independent Replications with Gathering Statistics of Stochastic Processes**“ – AIRGSSP). Metoda je izložena 2008. godine u renomiranom međunarodnom naučnom časopisu: *European Journal of Operational Research* 0.

U osnovi AIRGSSP metode jesu najjednostavniji, ali istovremeno i najvažniji zakoni matematičke statistike. Statistička priroda simulacione metode ogleda se u sledećem: „radni materijal“ za primenu metoda matematičke statistike predstavljaju statistički uzorci; statističke uzorke čine elementi, a njih predstavljaju snimljene vrednosti koje prima posmatrana slučajna veličina tokom simulacionih eksperimenata.

Osnovni cilj je da se u funkcionalnu vezu dovede nivo tačnosti simulacionih rezultata sa uslovima izvođenja eksperimenta, odnosno sa brojem po-

navljanja simulacije. U literaturi se mogu naći radovi koji direktno ističu ovaj problem kroz ogoljeno pitanje: „How much is enough?“ (Koliko je dovoljno?). Predlog odgovora na ovo pitanje sledi upravo iz razmatranja obezbeđenja tačnosti verovatnoća stanja sistema kao primarne mere performanse.

U kontekstu simulacionog modelovanja Monte Karlo broj ponavljanja nezavisnih simulacionih eksperimenata predstavlja, u stvari, veličinu ili brojnost uzorka za intervalnu ocenu verovatnoća stanja.

*DOKAZ izraza za određivanje veličine uzorka, tj. broja ponavljanja simulacionog eksperimenta.*

Pri izvođenju dokaza koristiće se sledeći sistem označavanja:

$n$  – veličina (brojnost) uzorka,

$p$  – verovatnoća stanja sistema koja se posmatra,

$q$  – komplement posmatrane verovatnoće stanja ( $q = 1-p$ ),

$\varepsilon$  – maksimalno odstupanje posmatrane verovatnoće, izraženo u procentima,

$z_c$  – koeficijent poverenja za normalnu raspodelu,

$f$  – relativna frekvencija stanja SMO na koje se odnosi posmatrana verovatnoća,

$\varepsilon_A$  – apsolutno odstupanje relativne frekvencije od verovatnoće posmatranog stanja,

$\sigma_p$  – standardna greška ocene verovatnoće  $p$ .

Na osnovu naznačenih referentnih izvora, odnosno praktično bilo koje literature iz oblasti matematičke statistike i verovatnoće i to osnovnih kurseva, kao opšte poznati važe sledeći izrazi:

– standardna greška ocene verovatnoće  $p$ :

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{pq}{n}} \quad (1)$$

– intervalna ocena verovatnoće  $p$ :

$$p - z_c \sigma_p \leq f \leq p + z_c \sigma_p \quad (2)$$

Takođe, važe i sledeći izrazi:

– apsolutno odstupanje relativne frekvencije od verovatnoće posmatranog stanja:

$$\varepsilon_A = |p - f| \quad (3)$$

– odnos proporcije:

$$\varepsilon_A : p = \varepsilon : 100 \quad (4)$$

Na ovom mestu treba uočiti sledeće napomene: Prvo, izraz (2) je jedan od oblika poznatog izraza za intervalnu ocenu posmatrane verovatnoće, na osnovu relativne frekvencije posmatranog događaja i poznatih stavova o standardnoj grešci verovatnoće i datom koeficijentu poverenja za Normalnu raspodelu.

Drugo, pri analizi veličine odstupanja vrednosti relativne frekvencije u odnosu na verovatnoću, mnogo je pogodnije koristiti se procentualnim iskazivanjem te razlike. Zbog toga su u analizu uvedeni i izrazi (3) i (4).

U daljem postupku izvršiće se sledeće:

– izraz (2) napisaće se u obliku:

$$|p - f| = z_c \sigma_p \quad (5)$$

– odnosno, koristeći i izraz (3), imamo:

$$\varepsilon_A = z_c \sigma_p \quad (6)$$

– sa druge strane, iz izraza (4) neposredno sledi izraz:

$$\varepsilon_A = \frac{p\varepsilon}{100} \quad (7)$$

Sada dovedemo u vezu izraze (6) i (7), pa se dobija sledeći izraz:

$$z_c \sigma_p = \frac{p\varepsilon}{100} \quad (8)$$

U prethodnom izrazu, (8), zameniti veličinu za  $\sigma_p$  iz izraza (1), pa se dobija sledeća jednakost:

$$z_c \sqrt{\frac{pq}{n}} = \frac{p\varepsilon}{100} \quad (9)$$

Kvadriranjem izraza (9) dobija se:

$$z_c^2 \frac{pq}{n} = \frac{p^2 \varepsilon^2}{100^2} \quad (10)$$

Na kraju, iz elementarnih algebarskih operacija prethodnog izraza sledi:

$$z_c^2 \frac{q}{n} = p \left( \frac{\varepsilon}{100} \right)^2 \quad (11)$$

Odatle se dobija konačni izraz za određivanje veličine (brojnosti) uzorka u postupku intervalne ocene posmatrane verovatnoće stanja:

$$n = \frac{q}{p} \left( \frac{100}{\varepsilon} \right)^2 z_c^2 \quad (12)$$

Time je dokaz završen. Ovim izrazom data je veza između sledećih veličina:

- verovatnoće stanja SMO,
- veličine-brojnosti uzorka za ocenu verovatnoće stanja,

- koeficijenta statističkog poverenja,
- maksimalno mogućeg odstupanja ocene verovatnoće stanja.

U bilo kom, ali samo u jednom trenutku SMO se može nalaziti samo u jednom stanju. Ako se određeni broj puta simulira čitava situacija, za iste ulazne veličine, i pri tome se beleži da li je SMO u posmatranom stanju ili ne, na taj način može se formirati statistički uzorak za ocenu verovatnoće stanja SMO u posmatranom trenutku.

Za ilustraciju primene ovog izraza biće razmotren sledeći jednostavan numerički primer: kreiran je određeni simulacioni model koji, pored ostalog, kao izlazne rezultate može da daje i frekvenciju pojave posmatranog događaja. Pretpostavimo da je teorijska vrednost verovatnoće izabranog stanja SMO jednaka 0,1.

Postavlja se pitanje – kako obezbediti da izlazni simulacioni rezultati za ocenu te verovatnoće ne odstupaju više od 10% od navedene vrednosti, uz određeni nivo statističkog poverenja, na primer 0,95.

Rešenje zadatka je sledeće:

a) Iz postavke zadatka je poznato:

$p = 0,1$  – verovatnoća stanja SMO koja se posmatra,

$q = 0,9$  – komplement posmatrane verovatnoće stanja ( $q=1-p$ ),

$\varepsilon = 10\%$  – maksimalno odstupanje posmatrane verovatnoće, izraženo u procentima,

$z_c = 1,96$  – koeficijent poverenja za normalnu raspodelu, za nivo poverenja 0,95.

b) Primenom izraza (12) dobija se:

$$n = \frac{0.9}{0.1} \left( \frac{100}{10} \right)^2 1.96^2 = 3457 \quad (13)$$

Dakle, prema uslovima zadatka, potrebno je izvršiti 3457 eksperimenata, da bi se ocenila verovatnoća (0,1) posmatranog događaja (da će SMO biti u posmatranom stanju), uz maksimalno moguću grešku ocene do 10%, uz statistički nivo poverenja 0,95.

Sa aspekta simulacionog modelovanja potrebno je realizovati 3457 nezavisnih simulacionih eksperimenata, kako bi se zadovoljili postavljeni uslovi u ovom primeru. Po realizaciji ovih 3457 eksperimenata može se očekivati, sa statističkim poverenjem od 0,95, da će se SMO naći u posmatranom stanju:  $3457 \cdot 0,1 = 345,7 \approx 346$  puta  $\pm 10\%$ ; odnosno (uz  $10\% \approx 34,6 \approx 35$ ). Prema tome, apsolutna frekvencija pojave posmatranog stanja SMO u 3457 eksperimenata biće u intervalu od 311 do 381 realizacije. Svaki rezultat u ovom intervalu, u kontekstu uslova postavljenih u zadatku, dobar je.

Ukoliko bi se želela pouzdanija ocena sa, na primer, poverenjem 0,99 (koeficijent poverenja je onda 2,58), i sa još manjom maksimalnom greškom, od na primer 5%, tada je potreban uzorak brojnosti:

$$n = \frac{0.9}{0.1} \left( \frac{100}{5} \right)^2 2.58^2 = 23963 \quad (14)$$

Odnosno, potrebno je izvršiti 23 963 nezavisnih simulacionih eksperimenata. Na osnovu poslednjeg uočljivo je veliko povećanje brojnosti uzorka potrebnog za tek nešto tačniju i nešto pouzdaniju ocenu. Ako je i verovatnoća koja se posmatra još manja, što je čest slučaj u razmatranju SMO sa velikim brojem stanja, brojnost potrebnog uzorka se dodatno povećava.

## Saglasnost simulacionih sa teorijskim rezultatima

Suštinska vrednost jednog simulacionog modela, pa i njegova svrshodnost, jeste kvalitet i upotrebljivost simulacionih rezultata dobijenih na osnovu eksperimenata na simulacionom modelu. Drugim rečima, ovi rezultati moraju imati određeni kredibilitet, odnosno na osnovu nekih faktora treba im verovati. Ti faktori mogu biti različitog karaktera.

Praktično i teorijski posmatrano, najsnažniji način obezbeđenja kredibiliteta nekog simulacionog modela jeste u slučaju kada postoji odgovarajući opis posmatranog problema analitičkim metodama (matematičke formule), pri čemu je taj opis moguće dalje razviti i rešiti bilo analitičkim metodama ili primenom numeričkih metoda. Ako su simulacioni rezultati u saglasnosti sa rezultatima dobijenim analitičkim ili numeričkim metodama može se reći da je taj simulacioni model dobar. Što je veći nivo te saglasnosti, utoliko je taj simulacioni model bolji.

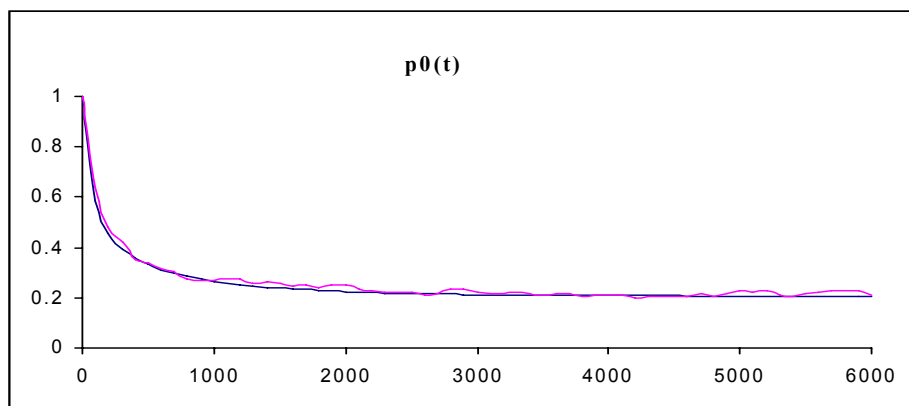
Ako se, pri tome, nivo saglasnosti simulacionih rezultata sa analitičkim (ili rezultatima dobijenim numeričkim metodama) može i zakonomerno kontrolisati, onda je logično zaključiti da je simulacioni model dobar. Na taj način se kvalitet simulacionih rezultata ozbiljno približava odnosu koji važi na relaciji: rezultati na osnovu primene analitičkih izraza i rezultati na osnovu primene numeričkih metoda. Drugim rečima, izvesno odstupanje simulacionih rezultata od teorijskih postoji, ali se ono može statistički tačno odrediti i po želji ili potrebi tačno kontrolisati.

Provera simulacionog modela poređenjem sa analitičkim rezultatima moguća je samo za nekoliko najjednostavnijih modela masovnog opsluživanja za koje je moguće izvesti praktično primenljive analitičke izraze ne samo za stacionarni, već i za prelazni period rada. Takav je, na primer,

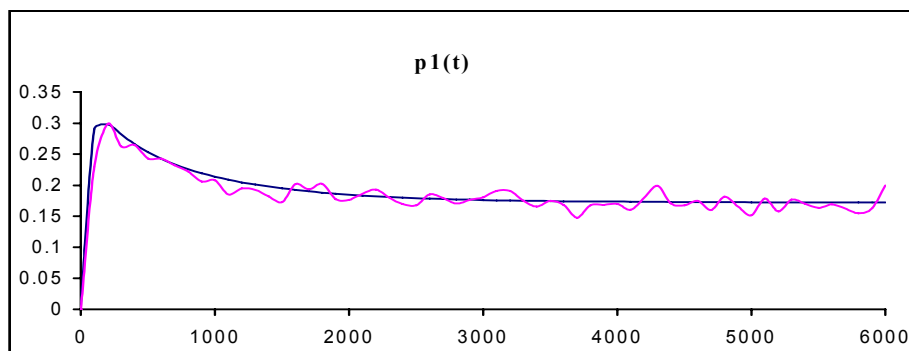
slučaj modela M/M/1/0, zatim M/M/1/1, i sl. Reč je, dakle, o onim SMO koji imaju ili malo mogućih stanja sistema, pa tako i malo jednačina stanja ili su njihove jednačine stanja takve da ih je moguće relativno lako rešiti određenim algebarskim ili drugim postupcima.

Skup rešivih modela SMO moguće je dosta proširiti primenom numeričkih metoda. Međutim, i ovde postoje granice: već za sisteme sa nekoliko desetina jednačina postupak rešavanja i manipulacije sa takvim modelima postaje otežan.

Na grafovima 1 i 2, radi ilustracije prethodnih stavova, prikazana su rešenja za dve verovatnoće stanja ( $p_0(t)$  i  $p_1(t)$ ) sistema masovnog opsluživanja (uzetog kao primer iz 0): tipa M/M/1/7, koji: radi ograničeno vreme (6000 vremenskih jedinica), uz prosečno vreme opsluge klijenata od 100 vremenskih jedinica, prosečnim vremenom između dolaska dva klijenta od 120 vremenskih jedinica i sa početnim stanjem „u sistemu nema klijenata“. Matematički opis ovog SMO prikazan je izrazima (15, 16 i 17).



Graf 1 – Verovatnoća stanja  $p_0(t)$  dobijena simulacijom i numeričkim metodama



Graf 2 – Verovatnoća stanja  $p_1(t)$  dobijena simulacijom i numeričkim metodama

Na osnovu grafičkog prikaza može se uočiti dobro slaganje simulacionih rezultata sa rezultatima dobijenim primenom numeričkih metoda. Dodatno, moguća je provera nekim od statističkih testova, na primer  $\chi^2$ -testa.

Rešenja za ostale verovatnoće stanja ovog SMO dobijaju se na isti način, a svi rezultati su prikazani u 0. Ovaj SMO ima 9 mogućih stanja, što znači da je potpuno opisan sistemom od 9 Erlangovih jednačina. To su sledeće jednačine:

$$\begin{aligned}
 \dot{p}_0(t) &= -\lambda p_0(t) + \mu p_1(t) \\
 \dot{p}_1(t) &= \lambda p_0(t) - (\lambda + \mu) p_1(t) + \mu p_2(t) \\
 \dot{p}_2(t) &= \lambda p_1(t) - (\lambda + \mu) p_2(t) + \mu p_3(t) \\
 \dot{p}_3(t) &= \lambda p_2(t) - (\lambda + \mu) p_3(t) + \mu p_4(t) \\
 \dot{p}_4(t) &= \lambda p_3(t) - (\lambda + \mu) p_4(t) + \mu p_5(t) \\
 \dot{p}_5(t) &= \lambda p_4(t) - (\lambda + \mu) p_5(t) + \mu p_6(t) \\
 \dot{p}_6(t) &= \lambda p_5(t) - (\lambda + \mu) p_6(t) + \mu p_7(t) \\
 \dot{p}_7(t) &= \lambda p_6(t) - (\lambda + \mu) p_7(t) + \mu p_8(t) \\
 \dot{p}_8(t) &= \lambda p_7(t) - \mu p_8(t)
 \end{aligned} \tag{15}$$

Važi i normirajući kriterijum (suma svih verovatnoća stanja sistema, u bilo kom trenutku, jednaka je jedinici):

$$\sum_{i=0}^8 p_i(t) = 1 \tag{16}$$

Takođe, važe i sledeći početni uslovi:

$$\begin{aligned}
 p_0(0) &= 1 \\
 p_1(0) &= p_2(0) = p_3(0) = \dots = p_8(0) = 0
 \end{aligned} \tag{17}$$

Takav, relativno mali sistem jednačina, moguće je rešiti primenom numeričkih metoda. Radi toga, moguće je korišćenje nekog računarskog paketa za primenu numeričkih metoda (na primer: paket MATLAB) i dobiti rešenja za sve verovatnoće stanja kao funkcije vremena, u tabelarnoj i grafičkoj formi. Praktično je, dakle, rešen sistem diferencijalnih jednačina prvog reda sa konstantnim koeficijentima, primenom numeričkih metoda („glatke“ krive na grafovima 1 i 2). Kao što je poznato, ovaj postupak se skraćeno naziva numerička integracija.

Sa druge strane, približno ista rešenja datog sistema diferencijalnih jednačina stanja SMO moguće je dobiti i primenom simulacione metode nazvane „automatizovana nezavisna ponavljanja simulacionih eksperimenata, sa prikupljanjem statistike slučajnih procesa“ ili, u originalu: „Automated Independent Replications with Gathering Statistics of Stochastic Processes“ (AIRGSSP).

Mada nije dovoljno poznato, ovaj postupak se, po analogiji sa numeričkom integracijom sistema diferencijalnih jednačina, može skraćeno nazvati „statistička integracija“ ili integracija Monte Karlo 0. Jasno, na grafovima 1 i 2, „glatke“ krive predstavljaju rešenja dobijena primenom numeričkih metoda, a „oscilatorne“ krive predstavljaju simulacione rezultate.

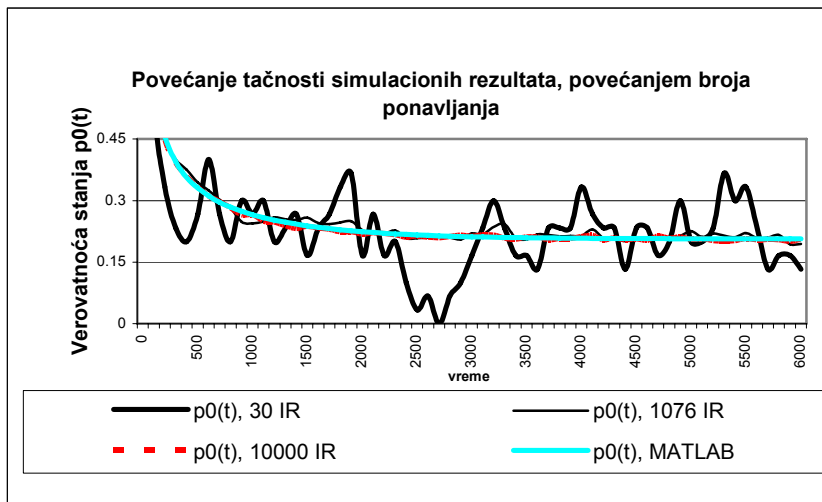
Simulacioni rezultati u ovom primeru baziraju se na uzorku veličine 1076 elemenata, odnosno izvršeno je toliko nezavisnih simulacionih eksperimenata (svaki eksperimentat je istog vremenskog trajanja – 6000 vremenskih jedinica). Ova veličina uzorka (1076) obezbeđuje maksimalnu grešku do 15,3% uz nivo poverenja 0,9973, za ocenu stacionarne vrednosti verovatnoće stanja  $p_0(t)$ . Odnosno, ako se želi veća tačnost, tj. manja greška, treba povećati veličinu uzorka (tj. broj ponavljanja simulacije). Na primer, za 10 000 ponavljanja, uz isti nivo poverenja, treba očekivati odstupanje simulacionih rezultata do maksimalno 5,9%, za uslove u ovom zadatku.

## Demonstracija kontrole tačnosti

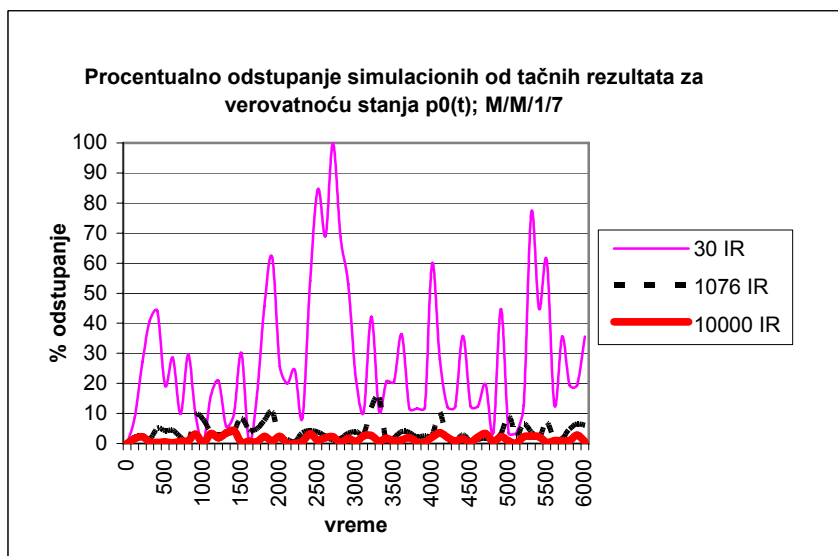
Na grafu 3 konkretno se demonstrira rezultat primene izloženog načina obezbeđenja tačnosti simulacionih rezultata. Radi preglednosti, prikazana je samo jedna verovatnoća stanja:  $p_0(t)$ , za SMO tipa M/M/1/7, za uslove rada:  $\lambda = 1/120$ ;  $\mu = 1/100$ . Uporedo sa rešenjem dobijenim numeričkim metodama prikazana su tri simulaciona rešenja za tri različita broja ponavljanja simulacija (IR – Independent Replications):

- 30 nezavisnih ponavljanja (IR) simulacionog eksperimenta;
- 1076 nezavisnih ponavljanja (IR) simulacionog eksperimenta, i
- 10 000 nezavisnih ponavljanja (IR) simulacionog eksperimenta.





Graf 3 – Povećanje tačnosti simulacionih rezultata sa povećanjem broja ponavljanja



Graf 4 – Odstupanja simulacionih rezultata za različiti broj ponavljanja (IR)

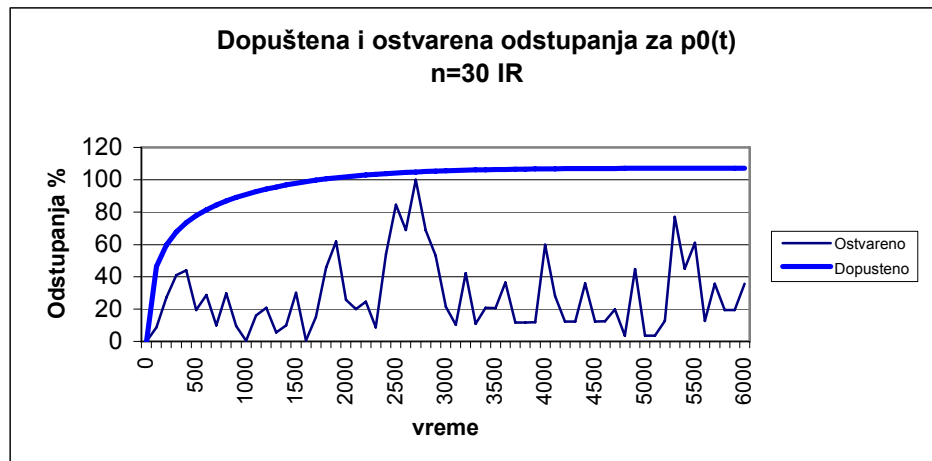
Sa grafa 3, a još bolje sa grafa 4 0 jasno se vidi da su odstupanja najveća za rezultate dobijene sa 30 ponavljanja simulacije (ovaj broj je izabran kao klasična granica između malih i velikih uzoraka). Vizuelno se uočavaju mnogo manja odstupanja rezultata za 1076 ponavljanja nego u prethodnom slučaju.

Odstupanja simulacionih rezultata za 10 000 simulacija su toliko mala da se vizuelno jedva primećuju. Naravno, ovi rezultati mogu se prikazati i tabelarno, kao i konkretne vrednosti odstupanja simulacionih rezultata u odnosu na rezultate dobijene primenom tačnih metoda. Primenom izraza (12) te razlike je moguće kvantifikovati za izabrani nivo poverenja.

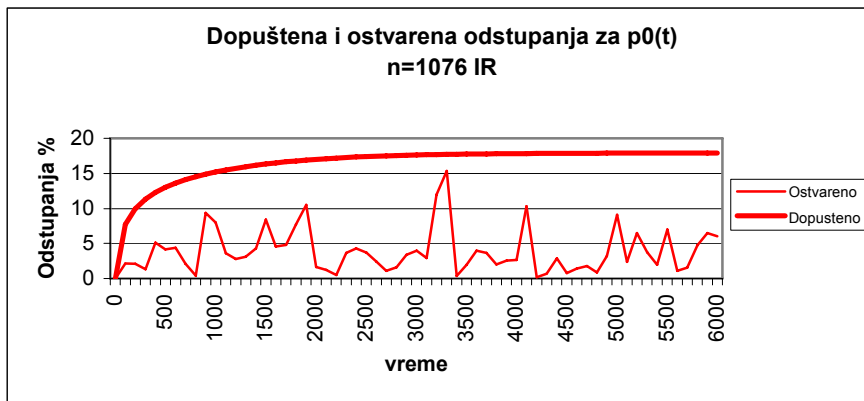
## Odstupanja simulacionih rezultata u funkciji vremena

Za zadate uslove računa se maksimalno moguće odstupanje simulacionih rezultata za verovatnoću stanja koja se proučava. Drugim rečima, treba očekivati da simulacioni rezultati budu u okviru proračunatih granica odstupanja. Odnosno, svaki simulacioni rezultat u tako definisanom opsegu je dobar.

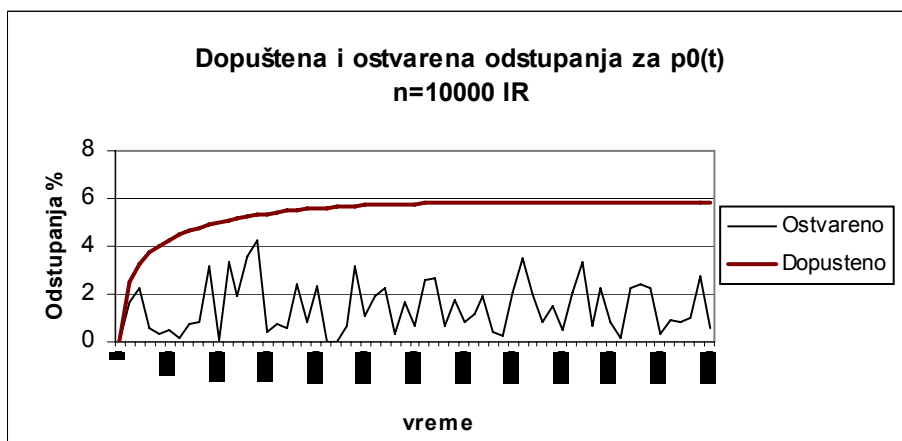
Sledi grafički prikaz tri skupa rezultata (za 30, 1076 i 10 000 nezavisnih ponavljanja simulacije – IR), za SMO tipa M/M/1/7. Sa grafova 5, 6 i 7 očigledno je da su odstupanja simulacionih rezultata manja od dopuštenih za date uslove. Tabela 1 daje prikaz numeričkih vrednosti ovih rezultata.



Graf 5 – Dopuštena i ostvarena odstupanja simulacionih rezultata za  $p_0(t)$ , za 30 IR



Graf 6 – Dopuštena i ostvarena odstupanja simulacionih rezultata za  $p_0(t)$ , za 1076 IR



Graf 7 – Dopuštena i ostvarena odstupanja simulacionih rezultata za  $p_0(t)$ , za 10 000 IR

Tabela 1

Numeričke vrednosti dopuštenih i ostvarenih odstupanja simulacionih rezultata

tip SMO: M/M/1/7, $T_\lambda=120$ , $T_\mu=100$ , vreme rada: 6000 vremenskih jedinica							
Koefficient poverenja: $z_c=3$ (odgovara nivou poverenja od 0,9973)							
Veličina uzorka:		$n_1=30$		$n_2=1076$		$n_3=10000$	
vreme	tačne vrednosti verovatnoće stanja	Ostvareno	Dopušteno	Ostvareno	Dopušteno	Ostvareno	Dopušteno
$t$	$p_0(t)$	$\varepsilon^{sim.} [\%]$	$\varepsilon [\%]$	$\varepsilon^{sim.} [\%]$	$\varepsilon [\%]$	$\varepsilon^{sim.} [\%]$	$\varepsilon [\%]$
0	1	0	0	0	0	0	0
200	0,457	27,1	59,7	2,1	10,0	2,2	3,3
400	0,3567	43,9	73,6	5,1	12,3	0,3	4,0

600	0,3111	28,6	81,5	4,4	13,6	0,2	4,5
800	0,284	29,6	87,0	0,4	14,5	0,9	4,8
1000	0,2658	0,3	91,0	8,0	15,2	0,1	5,0
1200	0,2525	20,8	94,2	2,8	15,7	1,9	5,2
1400	0,2426	9,9	96,8	4,3	16,2	4,2	5,3
1600	0,2349	0,7	98,9	4,5	16,5	0,8	5,4
1800	0,2289	45,6	100,5	7,7	16,8	2,4	5,5
2000	0,2242	25,7	101,9	1,7	17,0	2,3	5,6
2200	0,2206	24,4	103,0	0,5	17,2	0,0	5,6
2400	0,2177	54,1	103,8	4,3	17,3	3,2	5,7
2600	0,2154	69,0	104,5	2,4	17,5	1,9	5,7
2800	0,2136	68,8	105,1	1,6	17,5	0,4	5,8
3000	0,2121	21,4	105,6	3,9	17,6	0,7	5,8
3200	0,211	42,2	105,9	12,0	17,7	2,7	5,8
3400	0,2101	20,7	106,2	0,4	17,7	1,8	5,8
3600	0,2094	36,3	106,4	4,0	17,8	1,2	5,8
3800	0,2088	11,7	106,6	2,0	17,8	0,4	5,8
4000	0,2084	59,9	106,7	2,7	17,8	2,1	5,8
4200	0,208	12,2	106,9	0,2	17,8	2,0	5,9
4400	0,2078	35,8	106,9	2,9	17,9	1,5	5,9
4600	0,2076	12,4	107,0	1,4	17,9	2,1	5,9
4800	0,2074	3,6	107,1	0,9	17,9	0,7	5,9
5000	0,2072	3,5	107,1	9,1	17,9	0,9	5,9
5200	0,2071	12,7	107,2	6,5	17,9	2,3	5,9
5400	0,2071	44,9	107,2	2,0	17,9	2,3	5,9
5600	0,207	12,7	107,2	1,1	17,9	1,0	5,9
5800	0,2069	19,4	107,2	4,8	17,9	1,0	5,9
6000	0,2069	35,6	107,2	6,0	17,9	0,6	5,9
		%	%	%	%	%	%
	maksimalno	100,0	107,2	15,3	17,9	4,2	5,9
	prosečno	27,8	98,1	3,9	16,4	1,4	5,4
		Ostvareno	Dopušteno	Ostvareno	Dopušteno	Ostvareno	Dopušteno

## Zaključak

Jedan od centralnih problema u simulaciji jeste problem tačnosti simulacionih rezultata. Mada određeni rezultati po ovom pitanju postoje, problem je otvoren za nova istraživanja. U radu je izložen postupak ostvarivanja kontrole nad tačnošću izlaznih rezultata u slučaju simulacije sistema masovnog opsluživanja Monte Karlo.

Radi potpunog obuhvata problema detaljno je prikazan postupak definisanja veze između nivoa odstupanja simulacionih rezultata od teorijskih i broja ponavljanja nezavisnih simulacionih eksperimenata.

Simulacioni model kojim su dobijeni numerički podaci u konkretnom primeru razvijen je prema metodi nazvanoj „automatizovana nezavisna ponavljanja simulacionih eksperimenata, sa prikupljanjem statistike slučajnih procesa“ („Automated Independent Replications with Gathering Statistics of Stochastic Processes“, skraćeno AIRGSSP).

Opšti zaključak koji proizilazi iz analize izloženih rezultata jeste da je za postizanje veće tačnosti izlaznih simulacionih rezultata potrebno izvršiti veliki broj nezavisnih simulacionih eksperimenata. Predloženi matematički izraz daje kvantitativnu vezu između tačnosti rezultata, pouzdanosti ocene i broja nezavisnih ponavljanja simulacionog eksperimenta. U daljim pravcima istraživanja moguća je primena izloženih postupaka na složenije tipove i uslove rada sistema masovnog opsluživanja, kao i na druge klase slučajnih procesa.

### *Literatura*

[1] Gaither, B.: „Empty empiricism“, ACM Performance Evaluation Review, Vol. 18, No. 2, avg. 1990, str. 2–3.

[2] 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.

[3] Cooper, B. R.: „Introduction to Queueing Theory“, Elsevier North Holland, New York, 1981.

[4] Goldsman, D., Marshall, W., Seong-Hee, K., Nelson, B.: „Ranking and selection for steady-state simulation“, Proceedings, Winter Simulation Conference, Decembar 2000, str. 544–553.

[5] Nikolić, N.: „Korisnički aspekt prelaznog režima rada sistema masovnog opsluživanja“, Vojnotehnički glasnik, br. 4/2007, str. 429–440, Beograd, ISSN 0042–8469.

[6] Robinson, S.: „Automated analysis of simulation output data“, Proceedings, Winter Simulation Conference, Decembar 2005, str. 763–770.

[7] Nikolic, N., „Statistical integration of Erlang's equations“, European Journal of Operational Research\*, Vol. 187, Issue 3, 16 June 2008, pp. 1487–1493 ([www.sciencedirect.com/science/journal/03772217](http://www.sciencedirect.com/science/journal/03772217)).

[8] Nikolic, N., „Monte Carlo Modeling of Military Queueing Systems – Challenge of the Initial Transience“, monografija, Zadužbina Andrejević i Institut za strategijska istraživanja, Beograd, 2008, ([www.zandrejevic.org](http://www.zandrejevic.org)).

### ACCURACY CONTROL IN MONTE CARLO SIMULATIONS

#### *Summary:*

*The paper presents an application of the Automated Independent Replication with Gathering Statistics of the Stochastic Processes Method in achieving and controlling the accuracy of simulation results in*

*the Monte Carlo queueing simulations. The method is based on the application of the basic theorems of the theory of probability and mathematical statistics. The accuracy of the simulation results is linked with a number of independent replications of simulation experiments.*

#### Introduction

*Simulation methods proved themselves as very effective in modeling of complex physiognomy of modern warfare. However, simulation methods have one malfunction and that is the problem of accuracy control of simulation results. The paper presents the application of the „Automated Independent Replication with Gathering Statistics of Stochastic Processes“ method, in achieving and controlling accuracy of simulation results in the Monte Carlo queueing simulations.*

#### Simulations and mathematical statistics

*The method is based on the basic theorems of the theory of probability and mathematical statistics. The probability theory and mathematical statistics have their places not only at the end of a simulation study –for output data processing, but at the very beginning as well – during the model development and preparation to generate relevant data. A simulation is, practically, a statistical experiment.*

#### Evaluation of the quality of an efficient method

*An efficient simulation method has to be: accurate; simple and understandable; accessible in means of resources (cheap); and of course, it has to cover a full scope of complexity of the structure and working conditions of the system under study.*

#### Link between accuracy and simulation replications

*The essence of the method is in its name: „Automated Independent Replication with Gathering Statistics of Stochastic Processes“. The method is based on the most important laws of the probability theory, which are grouped as the central limit theorems. The main goal is to functionally connect a level of simulation results accuracy with a number of simulation replications. There are literature papers which directly point out this problem with a question: „How much is enough?“. A suggested answer just proceeds through considering the accuracy of system states probabilities as the primary measures of performance. In the context of Monte Carlo simulation modeling, a number of independent simulation replications presents, in fact, a sample size for interval estimation of the state probabilities.*

#### Agreement of simulation and theoretical results

*In order to illustrate this new method, a simple numerical example was considered. A type of the model is selected in such a way that exact (theoretical) results are available. The simulation results obtained through the new method are compared with theoretical results.*

*Good agreement of data sets has confirmed the validity of the proposed approach for accuracy control. In fact, by the use of simulation we got solutions with controlled accuracy for the model which is theoretically presented by the system of differential equations of first order. Furthermore, this system is processed neither by theoretical nor numerical methods, but by the third way: by a new variant of the general Monte Carlo simulation method. From here comes the name of this approach in solving a system of differential equations: Statistical or Monte Carlo integration.*

Demonstration of accuracy control

*The realization of three experiments with different numbers of independent replications demonstrates that the increase in replication numbers improves the accuracy of output results, while discrepancies are clearly measurable and predictable.*

Time-dependent discrepancies of simulation results

*The proposed method has capacity to support the dynamic behavior of the system. Dynamic discrepancies of simulation results are presented as time-dependent variables.*

Conclusion

*It can be concluded that a higher level of accuracy of simulation results calls for a large number of independent replications of simulation experiments. The method gives a quantitative relation among the accuracy of results, the estimation reliability, and the number of independent replications. A future research is possible for more complex models of queueing systems and for other working conditions as well as for other types of stochastic processes.*

Key words: *simulation, Monte Carlo, accuracy control, queueing.*

Datum prijema članka: 30. 03. 2009.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 18. 09. 2009.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 20. 09. 2009.

# MULTISENZORSKO IZDVAJANJE I AŽURIRANJE SLIKE POZADINE U DETEKCIJI POKRETNIH OBJEKATA

Bondžulić P. *Boban*, Vojna akademija, Katedra vojnoelektronskih sistema, Beograd,  
Petrović S. *Vladimir*, Imaging Science, University of Manchester

UDC: 621.397.3/4

## Sažetak:

*U radu je predložen postupak multisenzorskog izdvajanja i ažuriranja slike pozadine koji se koristi za video nadzor i detekciju pokretnih objekata. Izdvajanje slike pozadine zasnovano je na detekciji promena na slici i iterativnom postupku ažuriranja. Pri detekciji promena koriste se informacije raspoloživih senzora, čime se povećava pouzdanost detekcije i slike pozadine. Predloženi postupak testiran je na bazama registrovanih televizijskih i termovizijskih slika.*

*Ključne reči: multisenzorska detekcija, izdvajanje slike pozadine, inicijalizacija i ažuriranje slike pozadine.*

## Uvod

Istraživanja u oblasti obrade video signala često su posvećena video nadzoru. Da bi se dobile odgovarajuće performanse video nadzora potrebna su robustna rešenja detekcije i praćenja pokretnih objekata. Zbog različitih ambijentalnih uslova rešenja koja koriste jedan senzor nisu pouzdana u svim situacijama. Da bi se prilagodili različitim ambijentalnim uslovima potrebno je koristiti senzore različitih tipova [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Za detekciju pokreta (promena) na slikama scene može se koristiti obrada slike razlike, koja se dobija oduzimanjem slike pozadine od tekućeg frejma ili oduzimanjem sukcesivnih frejmova. Detekcija je praćena uvođenjem praga kako bi se dobila binarna slika u kojoj su pikseli klasifikovani u dve klase: pozadina i pokretni objekti [9].

U mnogim sistemima video nadzora bitno je da se inicijalizuje (izdvoji) slika pozadine. Kako se za inicijalizaciju koristi trening video sekvencija koja sadrži pokretne objekte, potrebni su robustni metodi koji mogu izdvojiti sliku pozadine uz postojanje pokretnih objekata i šuma.



Dobar metod izdvajanja slike pozadine mora biti robustan u odnosu na promene u osvetljenosti scene, mora anulirati pojave na sceni, kao što su treperenje lišća, kiša, sneg i senke objekata i mora se prilagoditi promenama na sceni, kao što su polazak i zaustavljanje objekata.

## Detekcija promena oduzimanjem sukcesivnih frejmova

Označimo sa  $I^n(x,y)$  vrednost nivoa sivog piksela frejma (slike) na poziciji  $(x, y)$  u trenutku  $t = t_n$ . Mera sličnosti ovog frejma i frejma dobijenog u trenutku  $t = t_{n-1}$  može se izraziti kao [10]:

$$D^n(x, y) = \left| I^n(x, y) - I^{n-1}(x, y) \right|, \forall (x, y) \in [1, N] \times [1, M] \quad (1)$$

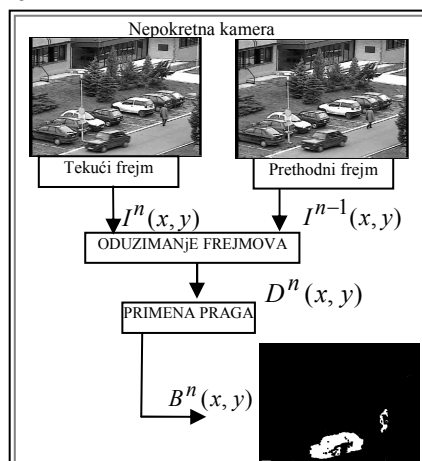
gde je  $N \times M$  dimenzija frejma u pikselima. Na ovaj način dobija se slika razlike  $D^n$ .

Primenom praga  $T$  na sliku razlike  $D^n(x,y)$  dobija se binarna slika u kojoj su pikseli klasifikovani u dve klase: pozadina i pokretni objekti, tj.:

$$B^n(x, y) = \begin{cases} 1 \equiv \text{pokretni objekat}, & D^n(x, y) > T \\ 0 \equiv \text{pozadina}, & D^n(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2)$$

To znači da je piksel pokretan ako se njegov intenzitet nivoa sivog bitno promenio između dva frejma.

Generalna šema detekcije promena na slici scene oduzimanjem sukcesivnih frejmova dobijenih sa nepokretne kamere prikazana je na slici 1.



Slika 1 – Generalna šema detekcije promena oduzimanjem sukcesivnih frejmova

Sa slike 1 se vidi da na ovakav način nisu detektovani pikseli unutar objekata.

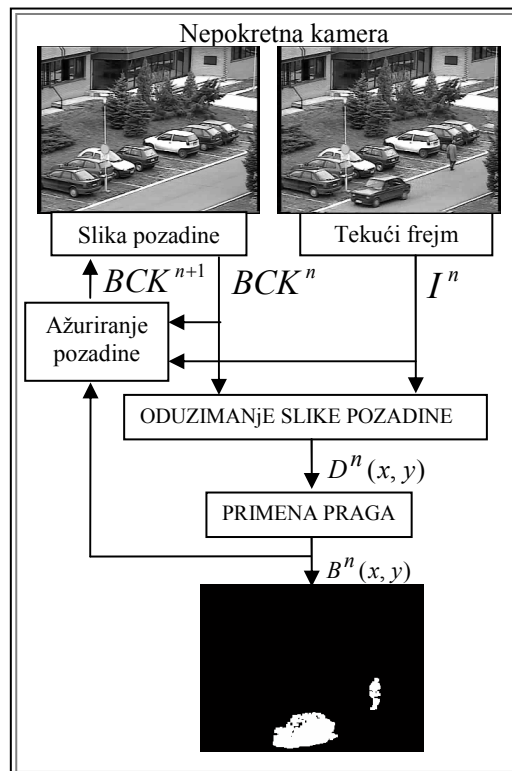
## Detekcija promena oduzimanjem slike pozadine od tekućeg frejma

Označimo sa  $BCK^n(x,y)$  intenzitet piksela slike pozadine na poziciji  $(x,y)$  u trenutku  $t=t_n$ . Detekcija pokreta može se izvršiti na osnovu razlike tekućeg frejma i slike pozadine [11]:

$$D^n(x,y) = |I^n(x,y) - BCK^n(x,y)| \quad (3)$$

Primenom praga  $T$  na sliku razlike  $D^n(x,y)$  dobija se binarna slika u kojoj su pikseli klasifikovani u dve klase.

Generalna šema detekcije promena na slici scene oduzimanjem slike pozadine od tekućeg frejma prikazana je na slici 2.



Slika 2 – Generalna šema detekcije promena oduzimanjem slike pozadine od tekućeg frejma

Sa slike 2 vidi se da su oduzimanjem slike pozadine detektovana dva pokretna objekta (vozilo i pešak) i da je detekcija jasnija od detekcije sa sl. 1.

Ako se za klasifikaciju piksela slike koristi jedan prag, tada se on naziva globalni prag. Ovaj način klasifikacije najčešće se primenjuje za odvajanje objekata od pozadine. Takvi su slučajevi, na primer, pri izdvajanju pisanog ili štampanog teksta, analize nekih biomedicinskih slika, prepoznavanja tipa aviona koji leti, itd. Osim primene globalnog praga, slika se može podeliti na blokove i za svaki od blokova posebno određivati prag. Pragovi koji se koriste za klasifikaciju piksela blokova nazivaju se lokalni pragovi. Vrednosti pragova mogu biti određene i za svaki piksel ponaosob.

Većina tehnika u određivanju praga koristi histogram slike. U idealnom slučaju histogram slike je bimodalni, sa dva maksimuma između kojih postoji izražen minimum. Nivo sivog koji odgovara minimumu može se odabrati za prag. Međutim, histogram slike razlike često je unimodalni, čime se usložava postupak određivanja praga klasifikacije piksela slike razlike.

## Kombinovani metod detekcije promena

Kombinovani metod detekcije predstavlja spoj tehnika oduzimanja sukcesivnih frejmova i oduzimanja slike pozadine [12]. Osnovni nedostatak tehnike oduzimanja slike pozadine od tekućeg frejma jeste što je ova tehnika osetljiva na situacije kada se stacionarni objekti scene počinju kretati. Iako će ovi objekti biti detektovani, oni iza sebe ostavljaju „rupe“ gde se novootkrivena pozadina razlikuje od poznate slike pozadine. Dok se model pozadine prilagodi ovim „rupama“, algoritam detekcije određeno vreme generiše lažne objekte. Razlika sukcesivnih frejmova nije osetljiva na pojavu „rupa“, ali ovaj algoritam menja oblik pokretnog objekta.

Da bi se izbegli navedeni nedostaci koristi se kombinacija ova dva metoda detekcije. Grupisanjem pokretnih piksela detektovanih oduzimanjem sukcesivnih frejmova dobijaju se regioni pokretnih piksela. Delovi tekućeg frejma u kojima se nalaze pokretni objekti određuju se na osnovu krajnjih tačaka svakog regiona pokretnih piksela, tj. tako što se svaki region pokretnih piksela obuhvati pravougaonikom minimalnog obima (*minimum bounding rectangle*).

Označimo sa  $R_i^n$  deo tekućeg frejma u kojem se nalazi pokretni objekat. Pokretni objekat  $b_i^n$  biće detektovan ako uzmemo sve piksele iz  $R_i^n$ , čiji intenzitet se bitno razlikuje od modela pozadine, tj.:

$$b_i^n = \left\{ (x, y) : \left| I^n(x, y) - BCK^n(x, y) \right| > T_i^n, (x, y) \in R_i^n \right\} \quad (4)$$

gde je  $T_i^n$  prag detekcije promena u delu tekućeg frejma u kojem se nalazi pokretni objekat.

Osim razlike dva sukcesivna frejma, za određivanje regiona pokretnih piksela može se koristiti razlika tri ili više sukcesivnih frejmova.

Zbog prednosti u odnosu na tehnike oduzimanja sukcesivnih frejmova i oduzimanja slike pozadine od tekućeg frejma u radu se za detekciju promena koristi kombinovani metod detekcije [12].

## Inicijalizacija slike pozadine

U nekim primenama detekcije pokreta na sceni nije moguće da se iz same sekvence izdvoji jedan frejm i proglasi pozadinom. Ovaj problem se javlja ukoliko u sekvenci uvek postoje pokretni objekti (autoput, raskrsnice...). Zbog toga je potrebno formirati sliku pozadine  $BCK^n(x,y)$  iz sekvence frejmova  $I^t(x,y)$  koja može sadržati pokretne objekte. Kako je za detekciju pokretnih objekata potrebna slika pozadine, prvi korak u detekciji treba da bude izdvajanje pozadine.

Za izdvajanje pozadine može da se koristi srednja vrednost ili medijana određenog broja frejmova [13]:

$$BCK^n(x,y) = \text{mean}_t I^t(x,y),$$

$$BCK^n(x,y) = \text{med}_t I^t(x,y) \quad (5)$$

Sa dovoljno dugom sekvencom slika, usrednjavanje vrednosti nivoa sivog za svaki piksel daće prihvatljivu sliku pozadine. Međutim, broj frejmova koji je potreban ne može se odrediti unapred, a za dati broj frejmova rezultat zavisi od brzine pokretnih objekata. Medijana je robustnija od srednje vrednosti, ali može da toleriše do 50% uticaja šuma i pokretnih objekata.

U [14] se pošlo od pretpostavke da su vrednosti nivoa sivog piksela pozadine stabilne i relativno konstantne određeno vreme. Za određivanje vrednosti nivoa sivog piksela pozadine koristi se srednja vrednost nivoa sivog najstabilnijeg intervala nepreklapajućih subintervala  $\{I_k\}$ . Najstabilniji interval određuje se na osnovu:

$$\hat{I}_k = \arg \max_k \left( \frac{n_{I_k}}{S_{I_k}} \right) \quad (6)$$

gde su  $n_{I_k}$  i  $S_{I_k}$  dužina i varijansa nivoa sivog  $k$ -te subsekvence  $I_k$ . Međutim, za sekvence u kojima su pokretni objekti stacionarni određeno vreme mnogi pikseli se pogrešno klasifikuju. Takođe, vrednosti nivoa sivog objekata koji su veliki, spori i imaju slabu teksturu mogu biti stabilne i relativno konstantne određeno vreme.

Jedan od metoda koji se koristi daje sliku pozadine u nekoliko iteracija [11, 12]. Metod polazi od početne slike pozadine koja je jednaka prvom frejmu  $BCK^0(x,y)=I^0(x,y)$ . Da bi se dobila slika pozadine koja odgovara tekućem frejmu moraju se detektovati pokretni pikseli, a zatim izdvojiti pozadina na osnovu:

$$BCK^{n+1}(x,y) = \begin{cases} \alpha BCK^n(x,y) + (1-\alpha)I^n(x,y), (x,y) \text{ nepokreta } \bar{u} \\ BCK^n(x,y), (x,y) \text{ pokreta } \bar{u} \end{cases} \quad (7)$$

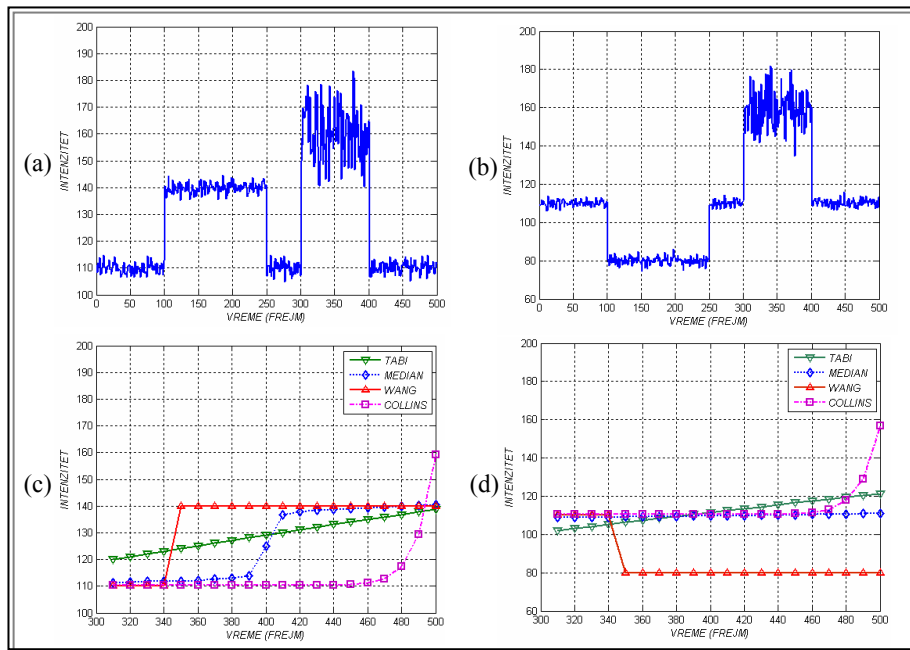
Iz (7) vidi se da do promene vrednosti piksela slike pozadine dolazi ako je piksel klasifikovan kao nepokretan, tj. ako je deo stacionarne pozadine. U suprotnom bi pokretni pikseli „poremetili“ sliku pozadine. Od koeficijenta  $\alpha$  zavisi brzina promene. U radu se koristi koeficijent  $\alpha = 0,9$  koji je predložen u literaturi [11,12].

Da bi se prilagodili promenama scene (dan-noć, promene u osvetljenju, promene uslovljene senkom...) potrebno je da se vrši ažuriranje pozadine, koje se vrši na osnovu (7), nakon svakog frejma ili u određenim intervalima.

Kako bi se izvršilo poređenje četiri metoda izdvajanja pozadine (usrednjavanjem – *TABI*, određivanjem medijane – *MEDIAN*, određivanjem stabilnih intervala – *WANG* i na osnovu detekcije promena – *COLLINS*) sproveden je eksperiment sa veštački generisanim nizom nivoa sivog piksela. Vrednosti nivoa sivog generisane su za 500 sukcesivnih frejmova nakon čega je određena vrednost nivoa sivog pozadine. U toku prvih 100 frejmova dostupne su vrednosti nivoa sivog pozadine – srednja vrednost nivoa sivog je 110, a varijansa 4. U narednih 150 frejmova otkriva se prvi objekat. Nakon prolaska prvog objekta otkriva se pozadina u 50 frejmova, a u poslednjih 200 frejmova otkrivaju se drugi objekat i pozadina. Srednja vrednost nivoa sivog drugog objekta je 160, a varijansa 100. Vreme otkrivanja drugog objekta menjano je od 1 do 200 frejmova. Za svaki od intervala otkrivanja drugog objekta određivana je vrednost nivoa sivog pozadine.

Na sl. 3a i 3b prikazane su realizacije veštački generisanih nivoa sivog piksela. U prikazanim realizacijama drugi objekat otkriva se u 100 frejmova. Srednja vrednost nivoa sivog prvog objekta na sl. 3a je 140, a na sl. 3b– 80. Varijansa nivoa sivog prvog objekta u oba slučaja je 4.

Na sl. 3c i sl. 3d prikazane su dobijene vrednosti nivoa sivog pozadine po četiri analizirana metoda i to za različite intervale otkrivanja drugog objekta.



Slika 3 – (a) (b) Realizacije generisanih nivoa sivog; (c) (d) rezultati izdvajanja slike pozadine

Sa sl. 3c i 3d vidi se da srednja vrednost nivoa sivog slike pozadine linearno raste sa vremenom otkrivanja drugog objekta. Korišćenjem stabilnih intervala pravilno se izdvaja slika pozadine sve dok je otkrivanje drugog objekta manje od 50 frejmova, nakon čega se za sliku pozadine proglašava srednja vrednost nivoa sivog prvog objekta.

Korišćenjem medijane na sl. 3c ispravno se izdvajaju vrednosti nivoa sivog pozadine sve dok je otkrivanje drugog objekta manje od 100 frejmova, nakon čega se za sliku pozadine proglašava srednja vrednost nivoa sivog prvog objekta. Korišćenjem medijane na sl. 3d ispravno se izdvajaju vrednosti nivoa sivog pozadine za sve intervale otkrivanja drugog objekta.

Iz sprovedenog eksperimenta vidi se da se najbolji rezultati izdvajanja slike pozadine dobijaju korišćenjem iterativnog postupka predloženog u [11,12], što je i bio razlog za njegovo prihvatanje u radu.

## Multisenzorsko izdvajanje i ažuriranje slike pozadine

U jednom multisenzorskom sistemu dostupne su nam slike iste scene sa više senzora istog ili različitog tipa. Sprezanjem više senzora u jedinstven sistem i sjedinjavanjem informacija dobijenih od njih mogu se

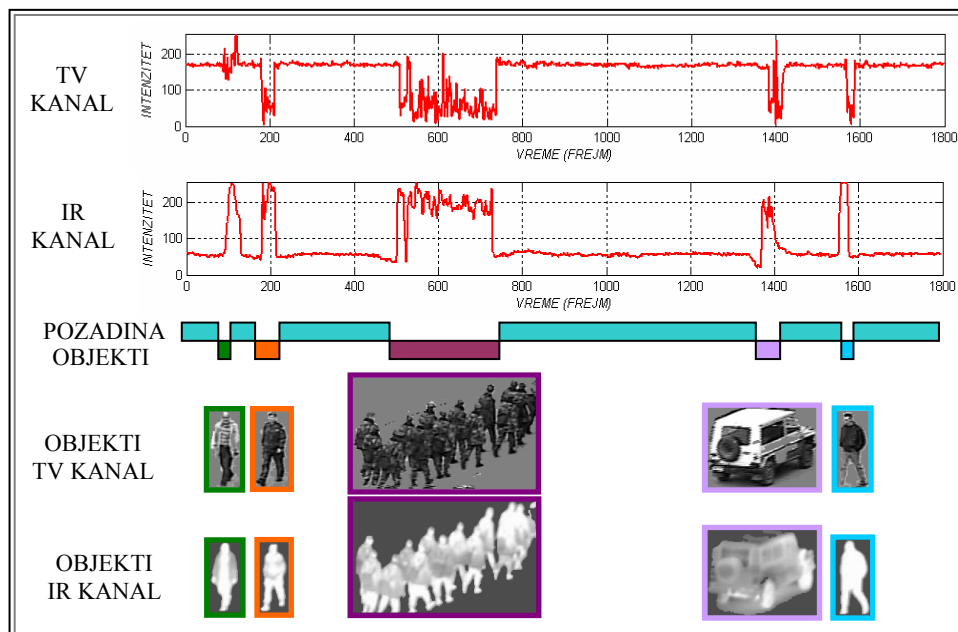
eliminirati nedostaci pojedinačnih senzora i time omogućiti detekciju u svim ambijentalnim uslovima.

Rezultati izdvajanja i ažuriranja slike pozadine korišćenjem relacije (7) zavise od: praga detekcije koji se koristi za određivanje pokretnih piksela. Primenom praga na sliku razlike dobija se matrica pokretnih piksela.

Na sl. 4 prikazane su promene nivoa sivog piksela televizijske (TV) i termovizijske (IR) sekvence u toku 1800 frejmova. Prikazane su promene nivoa sivog piksela na istoj poziciji prostorno i vremenski usaglašenih televizijskih i termovizijskih slika. Kako su slike usaglašene pikseli slika predstavljaju istu tačku scene.

Sa sl. 4 uočava se da postoji korelisanost pojava i procesa na televizijskim i termovizijskim slikama. Intervali u kojima se otkriva pozadina su stabilni i dugi (što nije uvek slučaj). Kontrast objekta u odnosu na pozadinu nekada je bolji u TV, a nekada u IR sekvenci slika.

Od kontrasta objekta u odnosu na pozadinu zavisi detekcija promena na slici. Zbog toga se u radu pošlo od ideje da se za sve senzore (kanale) u multisenzorskom sistemu formira jedna matrica pokretnih piksela za izdvajanje i ažuriranje slike pozadine pojedinačnih senzora. Matrica pokretnih piksela formira se sjedinjavanjem informacija o pokretu koje se dobijaju sa svih senzora.



Slika 4 – Promene nivoa sivog piksela televizijske i termovizijske sekvence u toku 1800 frejmova

Pri izdvajanju i ažuriranju slike pozadine potrebno je detektovati pokretne piksele. Za detekciju pokretnih piksela korišćen je kombinovani metod detekcije promena opisan jednačinama (1), (2) i (4). U jednačinama (2) i (4) potrebno je odrediti vrednosti pragova detekcije promena (pragova segmentacije). Ako slika sadrži šum ili ako su nivoi sivog objekta i pozadine slični, određivanje najbolje vrednosti praga postaje složeno. Problemi se mogu pojaviti i ako pozadina nije uniformno osvetljena.

Pri određivanju praga detekcije na slici razlike sukcesivnih frejmova (2) korišćen je metod zasnovan na Ojlerovom (*Euler*) broju [13]. Navedeni metod je korišćen zbog toga što su vrednosti praga koje se dobijaju nešto manje od očekivane vrednosti [15]. Time se povećava verovatnoća detekcije, ali i verovatnoća lažnog alarma. Lažni alarmi mogu se eliminisati primenom morfoloških operacija, zanemarivanjem detektovanih regiona čije su dimenzije manje od unapred zadatih ili se eliminišu u narednom frejmu (slučajan šum).

Umesto binarnog odlučivanja datog sa (4) pri oduzimanju slike pozadine korišćena su dva praga,  $T_1$  i  $T_2$ , ( $T_1 < T_2$ ), i za svaki od detektovanih objekata određene su matrice pouzdanosti. Ukoliko su vrednosti nivoa sivog slike razlike veće od praga  $T_2$  pouzdanost je jednaka 1. Ukoliko su vrednosti nivoa sivog manje od praga  $T_1$  pouzdanost je jednaka 0. Za vrednosti nivoa sivog koje su između vrednosti pragova izvršeno je linearno skaliranje [16]:

$$C_{ch}^n(x, y) = \frac{D_{ch}^n(x, y) - T_1^{ch}}{T_2^{ch} - T_1^{ch}}, \quad T_1^{ch} < D_{ch}^n(x, y) \leq T_2^{ch} \quad (8)$$

U opštem slučaju  $ch \in \{1, 2, \dots, k\}$ , gde je  $k$  broj korišćenih senzora. Kako se u radu koriste dva senzora (televizijska – TV i termovizijska kamera – IR) u našem slučaju  $ch \in \{TV, IR\}$ .

Za određivanje vrednosti pragova  $T_1$  i  $T_2$  mogu se koristiti neke od tehnika podele slike na dve ili više klasa predloženih u [17,18,19,20], koje pri određivanju optimalnih vrednosti pragova koriste histogram slike. U ovom radu vrednosti pragova određuju se korišćenjem tehnike predložene u [18], u kojoj se koristi Šenonova definicija entropije. Posmatraju se dve gustine verovatnoće, jedna za pozadinu, a druga za objekat, a optimalna vrednost praga dobija se maksimiziranjem zbira entropija pozadine i objekta. Ova tehnika je izabrana, jer je pokazano da ima bolje performanse u odnosu na ostale tehnike određivanja optimalne vrednosti praga [21].

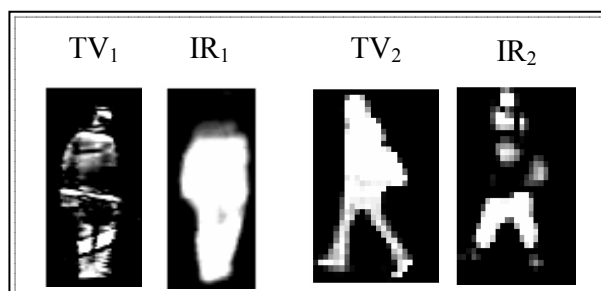
Kako su promene nivoa sivog bilo kog senzora indikator regiona pokretnih piksela, za određivanje sjedinjene matrice pouzdanosti uzima se maksimum matrica pouzdanosti svih senzora:

$$C_{fus}^n(x, y) = \max \{C_{ch}^n(x, y)\}, \quad ch \in \{1, 2, \dots, k\} \quad (9)$$



Matrice pouzdanosti zavise od kvaliteta senzora koji se koriste, dimenzija pokretnih objekata, daljine do pokretnih objekata, kontrasta objekata u odnosu na pozadinu, vremenskih uslova u kojima se vrše snimanja, doba dana i sl. Zbog toga je bolje ići na formiranje sjedinjene matrice pouzdanosti nego za matricu pouzdanosti sistema uvek uzimati matricu pouzdanosti jednog senzora.

Na sl. 5 prikazane su matrice pouzdanosti dobijene pomoću televizijskih i termovizijskih kamera dva multisenzorska sistema (sistemi 1 i 2).



Slika 5 – Matrice pouzdanosti dobijene sa TV i IR kamera dva multisenzorska sistema

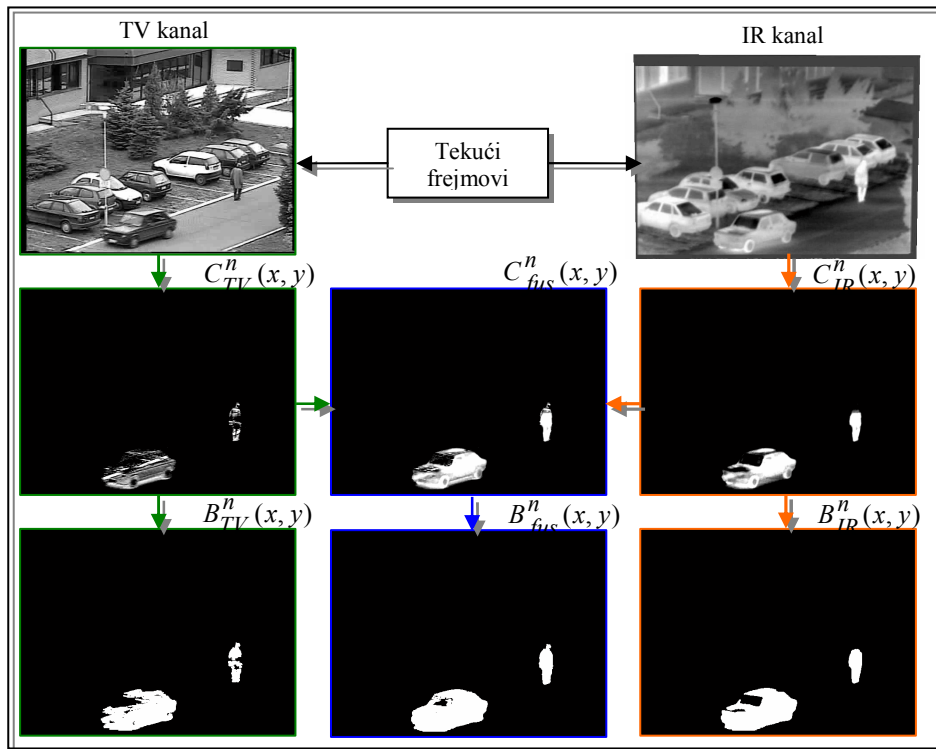
Sa sl. 5 vidi se da je u prvom slučaju kompletniji opis pokretnog objekta korišćenjem termovizijske, a u drugom slučaju korišćenjem televizijske kamere.

Nakon formiranja matrice pouzdanosti određuju se regioni povezanih pokretnih piksela i eliminišu regioni unutar kojih ne postoje segmenti čije su vrednosti pouzdanosti jednake 1. Preostali regioni pripadaju pokretnim objektima i na navedenim pozicijama vrednosti nivoa sivog pozadine ostaju iste kao u prethodnom frejmu, dok se na ostalim pozicijama vrši ažuriranje slike pozadine u skladu sa jednačinom (7).

Na sl. 6 prikazan je primer formiranja matrice pokretnih piksela sjedinjavanjem informacija od dva senzora. Prikazani su tekući frejmovi dve sekvence, matrice pouzdanosti i matrice pokretnih piksela oba senzora, sjedinjena matrica pouzdanosti i rezultati detekcije korišćenjem informacija iz oba kanala.

Sa sl. 6 vidi se da je matrica pokretnih piksela dobijena sjedinjavanjem informacija od dva senzora kompletnija od matrica pokretnih piksela pojedinačnih senzora. Na taj način, korišćenjem sjedinjene matrice pokretnih piksela u procesu izdvajanja i ažuriranja slike pozadine, neće biti “zagađivanja” slike pozadine sa pokretnim pikselima.

Jedno od alternativnih rešenja formiranja sjedinjene matrice pokretnih piksela jeste da se u toku vremena određuje pouzdanost svakog od senzora [22]. Poređenjem pouzdanosti senzora može se odabrati najpogodniji senzor i pokretni pikseli odrediti samo po najpouzdanijem senzoru.



Slika 6 – Rezultati detekcije promena korišćenjem pojedinačnih senzora i sjedinjavanjem informacija

## Rezultati izdvajanja slike pozadine

Opisani pristup multisenzorskog izdvajanja i ažuriranja slike pozadine testiran je na bazama prostorno i vremenski usaglašenih televizijskih i termovizijskih slika. Korišćene su slike dostupne iz baze autora i iz OTCBVS Benchmark Dataset Collection baze [23].

Slike iz baze autora dobijene su pomoću televizijske kamere firme Samsung, tip SCL860 i termovizijske kamere firme ATIS (Advanced Thermal Imaging System). Formirane su baze od po jedanaest sekvenci televizijskih i termovizijskih slika dve scene, bliske scene na daljini od 70 m (parking u Vojnotehničkom institutu - Beograd) i daleke scene na daljini od 4 km (magistralni put Beograd–Obrenovac i njegova okolina). Baza slika je formirana upotrebom nepokretnih kamera postavljenih na platformu zgrade. U radu se koriste sekvence bliske scene.

OTCBVS Benchmark Dataset Collection je javno dostupna kolekcija namenjena za poređenje algoritama obrade video signala. Kolekcija se sastoji

od video sekvenci i slika iz vidljivog i infracrvenog dela elektromagnetnog spektra (EMS). Čini je sedam baza slika i sekvenci. Detaljniji podaci o kolekciji prikazani su u tabeli 1. U radu se koristi treća baza slika (Dataset 03) namenjena istraživanjima u oblasti multisenzorskog sjedinjavanja informacija.

Podaci o korišćenim sekvencama prikazani su u tabeli 2.

Tabela 1

Podaci o OTCBVS Benchmark Dataset Collection

Baza	Opis	Namena
Dataset 01	Baza termalnih slika pešaka	Detekcija pešaka u termalnim sekvencama
Dataset 02	Baza kolor/termalnih slika ljudskog lica	Neregistrovane termalne/kolor slike ljudskog lica snimljene za različite osvetljenosti, ekspresije lica i poze
Dataset 03	Baza kolor/termalnih slika	Sjedinjavanje informacija kolor i termalnih slika i detekcija pokretnih objekata
Dataset 04	Baza IR slika ljudskog lica	Analiza ljudskog lica u termalnim slikama
Dataset 05	Baza pokretnih objekata u IR domenu	Detekcija i praćenje objekata u IR domenu
Dataset 06	Baza IR slika naoružanja	Detekcija naoružanja i detekcija opaljivanja u termalnim slikama
Dataset 07	Baza slika ljudskog lica u bliskom infracrvenom delu EMS (Near-infrared – NIR)	NIR detekcija ljudskog lica, NIR detekcija očiju, NIR prepoznavanje lica

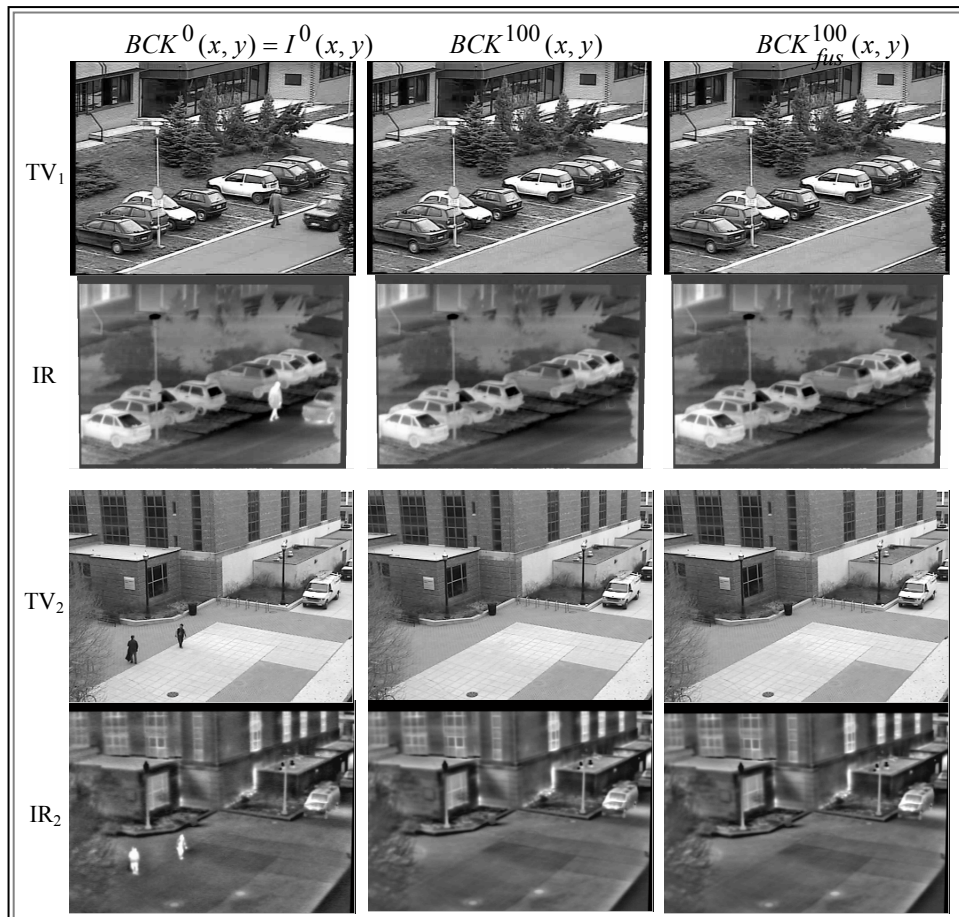
Tabela 2

Podaci o korišćenim sekvencama slika

Baza		Baza autora	OTCBVS Dataset 03
Podaci		Parking	Raskrsnica
Podaci o senzoru	Termalni	ATIS, (8-12) $\mu\text{m}$	Raytheon PalmIR 250D
	Kolor	Samsung SCL860	Sony TRV87 Handycam
Broj sekvenci		6	6
Slike	Termalne	8-bitne	8-bitne
	Kolor	24-bitne	24-bitne
Dimenzije [piksela]		480 x 640	240 x 320
Broj frejmova u s		30 Hz	30 Hz
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kamere postavljene jedna do druge</li> <li>✓ Registracija slika izvršena je korišćenjem ručno odabranih tačaka</li> </ul>			

Na sl. 7 prikazani su rezultati izdvajanja (ažuriranja) slike pozadine dve usaglašene sekvence slika. Prikazane su inicijalne slike pozadina, slike pozadina dobijene korišćenjem informacija pojedinačnih senzora i slike pozadina dobijene sjedinjavanjem informacija raspoloživih senzora.

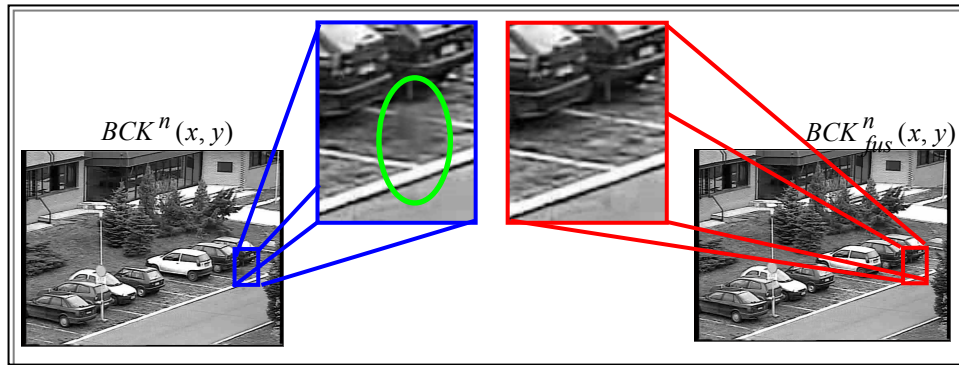
U oba slučaja prikazane su slike pozadina dobijene nakon 100. frejma sekvence, a za inicijalne frejmove odabrani su frejmovi u kojima postoje pokretni objekti.



Slika 7 – Rezultati izdvajanja (ažuriranja) slike pozadine

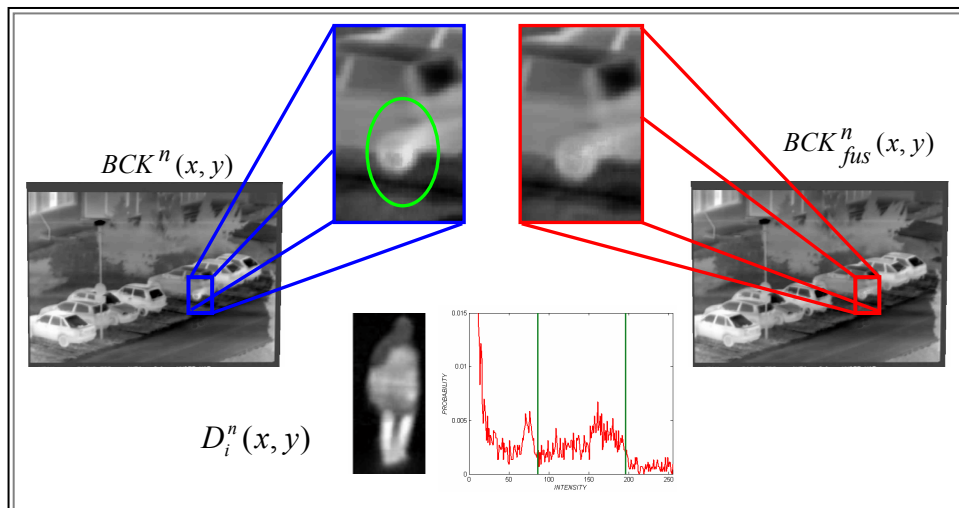
Na slici 7 se vidi da su izdvajanjem slike pozadine nestali objekti prisutni u inicijalnim slikama.

Prednosti združenog izdvajanja slike pozadine ilustrirani su na slikama 8 i 9, na kojima su dati rezultati izdvajanja slike pozadine korišćenjem informacija pojedinačnih senzora i sjedinjavanjem informacija raspoloživih senzora. Prednosti združenog izdvajanja uočavaju se u regionima u kojima se trenutno nalaze pokretni objekti (pešak). Regionima u kojima se trenutno nalaze pokretni objekti izdvojeni su i uvećani.



Slika 8 – Prednosti združenog izdvajanja slike pozadine

Na slici 8 uočava se da je na slici pozadine dobijenoj korišćenjem informacija od TV kamere, u delu slike u kojem se nalazi pokretni objekat, došlo do ugrađivanja nivoa sivog pokretnog objekta u sliku pozadine. Do ugrađivanja je došlo zbog sličnih nivoa sivog pozadine i pokretnog objekta (kaput pešaka), pa su pikseli koji pripadaju pokretnom objektu proglašeni nepokretnim. Korišćenjem informacija sa oba senzora u delu slike u kojem se nalazi pokretni objekat pozadina se u potpunosti otkriva.



Slika 9 – Prednosti združenog izdvajanja slike pozadine

Slična situacija uočava se i na sl. 9. U ovom slučaju objekat (pešak) topliji je u odnosu na pozadinu, ali je ipak došlo do ugradnje nivoa sivog pokretnog objekta u sliku pozadine. Histogram slike razlike u delu slike u kojem se nalazi

pokretni objekat je multimodalni. Primenom pragova  $T_1$  i  $T_2$  na sliku razlike detektuju se dve klase nivoa sivog koje su tople, a ne detektuje se treća klasa koja, takođe, potiče od pokretnih piksela. Na sl. 9 prikazane su slika razlike i njen histogram, na kojem su vertikalnim linijama obeležene vrednosti pragova detekcije. Sa sl. 9 vidi se da je grupa pokretnih piksela (piksela sa uočljivim pikom ispod praga  $T_1$ ) proglašena nepokretnim, pa je došlo do ažuriranja slike pozadine sa pokretnim pikselima. Korišćenjem informacija sa oba senzora u delu slike u kojem se nalazi pokretni objekat pozadina se u potpunosti otkriva.

Rezultati izdvajanja slike pozadine zavise od detekcije promena. Kako je detekcija promena zasnovana na razlici frejmova i primeni praga, opisani metod izdvajanja slike pozadine ima određene mane koje ograničavaju primenu u svim sistemima video nadzora: 1) loše osobine u slučaju slika sa jakim šumom ili slabim kontrastom; 2) osetljiv na pomeraj platforme sa koje se snima, odnosno osetljiv na pomeranje pozadine i 3) mala verovatnoća detekcije objekata malih dimenzija. Neki od navedenih nedostataka mogu se eliminisati korišćenjem vremensko-frekvencijske analize video signala [24, 25].

## Zaključak

U radu je predložen robustan postupak multisenzorskog izdvajanja i ažuriranja slike pozadine koji se koristi u detekciji pokreta na slici scene. Opisani postupak koristi poznate koncepte u detekciji promena kako bi se pikseli klasifikovali u pokretne piksele i piksele pozadine, nakon čega se koristi iterativni postupak izdvajanja – ažuriranja slike pozadine. Sjedinjavanjem informacija raspoloživih senzora o trenutnim promenama na sceni vrši se ažuriranje slike pozadine u regionima u kojima ne postoji pokret.

Predloženi postupak testiran je na sekvencama registrovanih televizijskih i termovizijskih slika. Pokazano je da se sjedinjavanjem informacija raspoloživih senzora dobija kompletniji opis pokretnih objekata i pouzdanija slika pozadine.

Radi se o veoma jednostavnom postupku, što ga čini idealnim za primenu u sistemima multisenzorske detekcije sa radom u realnom vremenu.

U daljem radu planira se predlaganje funkcionalnog sistema detekcije i praćenja pokretnih objekata. Trenutna istraživanja usmerena su na robustnije metode kombinovanja informacija o promenama. Kako bi se rešio problem regularnih pokreta pozadine, biće razmotreni i mnogo kompleksniji modeli pozadine, kao što su lokalne multimodalne distribucije.

## Literatura

[1] Jones, G. D.; Hodgetts, M. A.; Allsop, R. E.; Sumpter, N.; Vicencio-Silva, M.-A.: A novel approach for surveillance using visual and thermal images, DERA/IEE Workshop on Intelligent Sensor Processing, 2001.

- [2] Toet, A.: Detection of dim point targets in cluttered maritime backgrounds through multisensor image fusion, *Proceedings of SPIE*, Vol. 4718, pp. 118–129, 2002.
- [3] Ye, G.; Wei, J.; Pickering, M. R.; Frater, M.R.; Arnold, J. F.: Simultaneous tracking and registration in a multisensor surveillance system, *International Conference on Image Processing – ICIP*, 2003.
- [4] Kang, J.; Gajera, K.; Cohen, I.; Medioni, G.: Detection and Tracking of Moving Objects from Overlapping EO and IR Sensors, *Joint IEEE Workshop on Object Tracking and Classification Beyond the Visible Spectrum*, 2004.
- [5] O Conaire, C.; O'Connor, N. E.; Cooke, E.; Smeaton, A. F.: Multispectral Object Segmentation and Retrieval in Surveillance Video, *IEEE International Conference on Image Processing – ICIP*, 2006.
- [6] Dwyer, D.; Hickman, D.; Riley, T.; Heather, J.; Smith, M.: Real time implementation of image alignment and fusion on a police helicopter, *Proceedings of the Defense and Security Symposium 2006*, Orlando, FL, 2006.
- [7] Li, J.; Nikolov, S. G.; Benton, C. P.; Scott-Samuel, N. E.: Motion-Based Video Fusion Using Optical Flow Information, *9<sup>th</sup> International Conference on Information Fusion*, 2006.
- [8] Davis, J. W.; Sharma, V.: Background-subtraction using contour-based fusion of thermal and visible imagery, *Computer Vision and Image Understanding* 106 (2007) 162–182
- [9] Foresti, G.L.: A real time system for video surveillance of unattended outdoor environments, *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 8, pp. 697–704, October 1998.
- [10] Lipton, A.; et al.: Moving target classification and tracking from real-time video, *IEEE Workshop on Application of Computer Vision*, pp. 19–21, 1998.
- [11] Gupte, S.; et al.: Detection and Classification of Vehicles, *IEEE Trans. on ITS*, Vol.3, No.1, 2002.
- [12] Collins, R.; et al.: A system for video surveillance and monitoring: VSAM final report, *Robotics Institute, CMU-RI-TR-00-12*, 2000.
- [13] Rosin, P. L.; Ellis, T.: Image difference threshold strategies and shadow removal, *British Machine Vision Conference*, pp. 347–356, 1995.
- [14] Wang, H.; Suter, D.: A Novel Robust Statistical Method for Background Initialization and Visual Surveillance, *7<sup>th</sup> Asian Conference on Computer Vision*, 2006.
- [15] Snidaro, L.; Foresti, G. L.: Real-time thresholding with Euler numbers, *Pattern Recognition Letters* 24 (2003) 1533–1544
- [16] Jabri, S.; et al.: Detection and Location of People in Video Images Using Adaptive Fusion of Colour and Edge Information, *Proc. of the International Conference on Pattern Recognition – ICPR*, 2000.
- [17] Otsu, N.: A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-9, No. 1, January 1979.
- [18] Kapur, J. N.; et al.: A New Method for Gray-Level Picture Thresholding Using the Entropy of the Histogram, *Computer Vision, Graphics, and Image Processing* 29, pp. 273–285, 1985.

[19] Tsai, W. H.: Moment-Preserving Thresholding: A New Approach, Computer Vision, Graphics, and Image Processing 29, pp. 377–393, 1985.

[20] Kittler, J.; Illingworth, J.: Minimum Error Thresholding, Pattern Recognition, Vol. 19, No. 1, pp. 41–47, 1986.

[21] Rosin, P.L.; Ioannidis, E.: Evaluation of global image thresholding for change detection, Pattern Recognition Letters 24, pp. 2345–2356, 2003.

[22] Snidaro, L.; et al.: Sensor Fusion for Video Surveillance, 7<sup>th</sup> International Conference on Information Fusion, 2004.

[23] <http://www.cse.ohio-state.edu/otcbvs-bench/>, 15. 09. 2007.

[24] Munno, C. J.; et al.: Automatic Video Image Moving Target Detection for Wide Area Surveillance, IEEE International Carnahan Conference on Security Technology, 1993.

[25] Simić, S.: Analiza kontinualnih frekvencijskih moduliranih radarskih signala primenom vremenski – frekvencijskih transformacija i korelacionih tehnika, Vojnotehnički glasnik br. 4/2007, str. 400–413, Beograd, ISSN 0042–8469.

## MULTISENSOR BACKGROUND EXTRACTION AND UPDATING FOR MOVING TARGET DETECTION

### Summary:

*This paper proposes a new method for multisensor background extraction and updating aimed at surveillance and target detection applications. The background scene extraction is based on robust multi-sensor change detection of moving objects in the scene. An iterative mechanism updates the background estimate using this information thereby ignoring transient objects but allowing for slow changes in scene illumination. This new multisensor confidence framework combines change information from all available sensors to greatly improve the reliability of true scene change detection, i.e. the reliability of the background image estimate. The proposed method is demonstrated on several sets of registered multisensor images.*

### Introduction

*Video surveillance is one of the most common applications of video processing research. To achieve reliable surveillance performance, a simultaneous and consistent solution for the detection and tracking of moving objects is required. In real world, due to various environmental conditions, a solution based on a single imaging modality is not reliable in all cases. The use of multiple sensors is required in order to handle different environmental conditions.*

*In such systems as in many other applications a critical issue in this process is the initialization of a background image. As the availa-*



*ble data for background image construction is rarely perfect, i.e. without moving objects and noise, robust methods of extraction that can deal with these problems are required.*

Change detection in difference images and through background subtraction

*In order to detect movement and changes in the observed scene one may well start by looking at the difference images obtained by subtracting some estimate of the scene background from the currently observed scene (frame). Detection is then easily obtained by thresholding the difference image into two classes: unchanged background and moving objects.*

A hybrid change detection algorithm

*A hybrid method for change detection is the combination of the two techniques presented above. The main weakness of the background subtraction method is exposed when a hitherto stationary object begins to move. Even if such objects are easily detected when they leave their place they leave "holes" where the newly discovered background differs from the current background estimate. Until the background model adjusts to these "holes" the detection algorithm generates false moving objects at that location. Frame differencing is not sensitive to this effect but has the already highlighted weakness of not being able to detect the entire object.*

Background initialization and update

*As our chosen detection method requires a good background estimate, the first step in the process is to initialise the background estimate, in a robust manner. In many surveillance and detection applications it is not possible to choose a single frame as the background estimate. This is most pertinent in scenes containing many moving objects such as roads, paths, etc. So our background needs to be estimate from frames containing moving objects.*

Multisensor background extraction and update

*In a multisensor surveillance system several images of the same scene are available, albeit seen through different sensor modalities. By combining the information from such multiple sources we can eliminate the weaknesses of each individual source and provide robust detection in all conditions.*

*The moving object contrast largely determines the success of change detection in the images. Consequently, the idea proposed in this paper is to combine the output of all sensors to obtain a more accurate and more robust estimate of moving and stationary pixels. A single multisensor movement (change) estimate is generated by fusing*

*change information obtained from individual sensors. Such robust change estimates could then be used to extract and update the background estimates for each sensor in a more robust manner making the subsequent detection more reliable.*

#### Background Extraction Results

*The proposed multisensor background extraction approach was tested on a number of registered sets of multisensor sequences, collected by the group and data widely available in the community, e.g. OTCBVS (Object Tracking and Classification in and Beyond the Visible Spectrum) Benchmark Dataset Collection.*

#### Conclusion

*This paper presents a robust multisensor background extraction and update scheme intended for use in target detection applications. The method uses a number of well known concepts in detection to provide a basic classification of the scene into moving and stationary objects and an iterative procedure to update the background model and deal with transient (slow) changes in illumination conditions. A new fusion-based confidence framework uses the information from multiple registered views of the scene obtained by different sensors in order to update the background model only in areas where there are no moving objects. It was shown on a number of representative multisensor sequences that the proposed method obtains a more complete and robust representation of the background than any estimate based on the individual sensors. Finally, a relatively simple computational architecture of the proposed system makes it ideal for demanding real time multisensor detection applications*

*Key words: multisensor detection, background extraction, background initialization and updating.*

Datum prijema članka: 13. 10. 2009.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 22. 09. 2009.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 24. 09. 2009.

# UPOTREBA PROGRAMSKOG PAKETA MICROSOFT OFFICE PROJECT 2007 U PLANIRANJU ISHRANE PRIPADNIKA VOJSKE SRBIJE

Mijatović B. Radoš, Generalštab Vojske Srbije, Uprava za logistiku (J-4),  
Odsek za opštu logistiku, Beograd

UDC: 004.9:355.657/.658

## Sažetak:

*U radu je prikazan način upravljanja projektima pomoću programskog paketa Microsoft Office Project 2007 sa težištem na planiranju ishrane. Pravilnu i uspešnu – efikasnu ishranu pripadnika Vojske nije moguće realizovati bez primene efikasnih metoda i tehnika za podršku odlučivanju. Primena savremenih metoda i tehnika u planiranju i organizovanju ishrane imala bi za rezultat stvaranje ušteda na raznim poljima delovanja (artikli hrane, transport, radna snaga, sredstva za rad, vreme, novčana sredstva i dr.). U radu je prikazan samo deo mogućnosti programskog paketa Microsoft Office Project 2007 koje korisnici mogu proširivati i nadograđivati.*

*Ključne reči: Microsoft Office Project 2007, program, planiranje, upravljanje, resursi, ishrana, jelovnik.*

## Uvod

**K**oliko su procesi u organizovanju ishrane pripadnika Vojske pod kontrolom? Da li zaista uvek raspoložemo pravim saznanjima o svim stanjima u sistemu ishrane? Ako postoje problemi na tom planu moguće ih je rešiti angažovanjem softvera za planiranje i praćenje procesa.

Kako raste obim zadataka rastu i iskušenja: u dinamičnom okruženju svaka odluka je posledica procene uslova za poslovanje, radi uspešne realizacije postavljenih zadataka. Ali, prosta procena nije dovoljna: kada neki proces započne, pravilno upravljanje je od kritične važnosti – ne samo zbog održanja discipline poslovanja, nego i zato što je čest slučaj da razni faktori utiču na proces i menjaju parametre poslovanja. Može se desiti da se u kritičnom momentu pokvari neka od mašina ili uređaja, da neki od radnika ode na bolovanje ili da dobavljač artikala hrane „zakaže“ sa

rokom isporuke. Sve su to svakodnevna iskušenja sa ozbiljnim procen-  
tom mogućnosti da se dese. Iskustvo u radu, u takvim situacijama, biće  
presudno u iznalaženju optimalnog rešenja... Ali, mora se priznati, ne  
može se precizno sagledati svaka posledica neke promene stanja u po-  
slovanju, a između vrlo dobre i vrlo loše odluke više nije velika razlika.



U navedenim situacijama svaka vrsta pomoći je dobrodošla. Jedna od mogućnosti svakako je angaž-  
ovanje namenskog softvera čijom pravilnom upotr-  
ebom se može biti makar u ravni sa iskušenjima, ako  
ne i korak ispred. To je program **Microsoft Office Pro-  
ject**. Postoji više vrsta i modela ovog programa, ali  
je **Microsoft Office Project 2007** najnovija verzija kl-  
ijentskog programa, ali i kompletan sistem za upravlj-  
anje projektima u preduzećima (**Enterprise Project  
Management**, EPM). Sistem **Project 2007** čini izbor jedne od dve edicije  
klijentskog programa koji je član sistema **Microsoft Office 2007**, ali se isp-  
oručuje nezavisno, kao i nekoliko namenskih sistema i komponenti koji se  
angažuju na strani servera ili služe za povezivanje sa njima.

## Upravljanje projektima pomoću microsoft office projecta

Upravljanje projektima predstavlja skup alata i veština koje pomažu  
da se predvide i kontrolišu rezultati nastojanja preduzetih u organizaciji.  
Da bismo uspešno rukovodili projektima vrlo je važno da ih dovršimo u  
roku, da ostanu unutar granica budžeta, kao i da klijenti budu zadovoljni  
rezultatima. Rad na nekom projektu može se posmatrati na nekoliko na-  
čina, a najpogodniji je **trougao projekta**:



Osnovna ideja je u tome da svaki projekat poseduje određeno vre-  
mensko ograničenje, određenu vrstu budžeta i da zahteva određenu koli-  
činu rada kako bi bio dovršen. Da bi se efikasno upravljalo projektom po-  
trebno je uskladiti ove ograničavajuće faktore.

**Microsoft Project** predstavlja softverski paket za upravljanje projek-  
tima u okviru **Microsoft Office** familije koji nudi poznata firma **Microsoft**  
[1, 23]. Ovaj programski paket je namenjen, pre svega, za planiranje, pra-  
ćenje i kontrolu realizacije manjih i srednjih projekata, i predstavlja jedan

od najlakših i najviše korišćenih programskih paketa za upravljanje projektima. **MS Projectom** postiže se sledeće:

- praćenje svih informacija koje se sakupe o poslu, trajanju i resursima;
- vizualizacija i prezentiranje plana projekta u standardnim, dobro definisanim formatima;
- efikasno raspoređivanje zadataka i resursa;
- razmena informacija o projektu;
- komunikacija sa resursima i drugim nosiocima odgovornosti uz održavanje potpune kontrole.

Velika prednost koju **Microsoft Project** ima u odnosu na druge aplikacije jeste u tome što uključuje i softversku mašinu za planiranje – računarski mozak koji može da obradi zahteve kao što su lančani efekti kada jedan zadatak iz niza od 100 zadataka promeni svoj početni datum.

### *Prikazi MS Projecta*

**MS Project** sadrži na desetine prikaza koji se koriste da bi se unosile, uređivale, analizirale i prikazivale informacije o projektima. U opštem slučaju prikazi su fokusirani ili na detaljne podatke o zadacima ili na detaljne podatke o resursima. Neki od najznačajnijih i najčešće korišćenih prikaza su:

- Gantt Chart
- Resource Sheet
- Task Sheet
- Resource Usage
- Task Usage
- Network Diagram

#### **Gantt Chart**

Uobičajen način za prikazivanje plana projekta, posebno kada se plan prezentira drugim osobama. Koristan je za unos i fino podešavanje detaljnih podataka o zadatku, kao i za analizu projekta.

#### **Prikazi liste**

- **Resource Sheet** – prikazuje detaljne podatke o resursima u formatu tabele, sa jednim resursom po redu.
- **Task Sheet** – prikazuje listu detaljnih podataka o zadatku.

#### **Prikazi korišćenja**

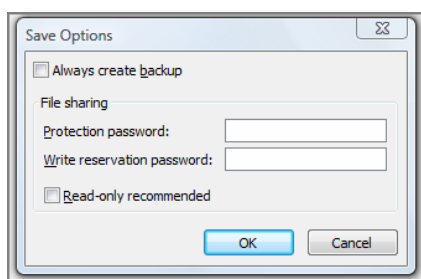
- **Resource Usage** – prikazuje sve zadatke koji su dodeljeni pojedinačnom resursu. Takođe pokazuje dodeljenu količinu rada po resursu na vremenskoj skali.
- **Task Usage** – grupiše resurse prema zadacima kojima su dodeljeni.

#### **Network Diagram**

Ovaj prikaz se fokusira na relaciji između zadataka. Svako polje ili čvor prikazuje detaljne podatke o zadatku, a linije između polja ukazuju na relacije između zadataka.

## Čuvanje i zaštita MS Projecta

Projektni plan urađen u **MS Projectu** može se sačuvati kao fajlovi u svakoj drugoj Microsoftovoj aplikaciji, korišćenjem opcije **Save As**. Takođe, u okviru ove opcije, **MS Project** omogućava svojim korisnicima da zaštite projekat i učine ga nedostupnim za druga lica. Čuvanje i zaštita **MS Projecta** postiže se na sledeći način: **Save As** → **Tools** → **General Options**. Otvara se okvir za dijalog **Save Options**.

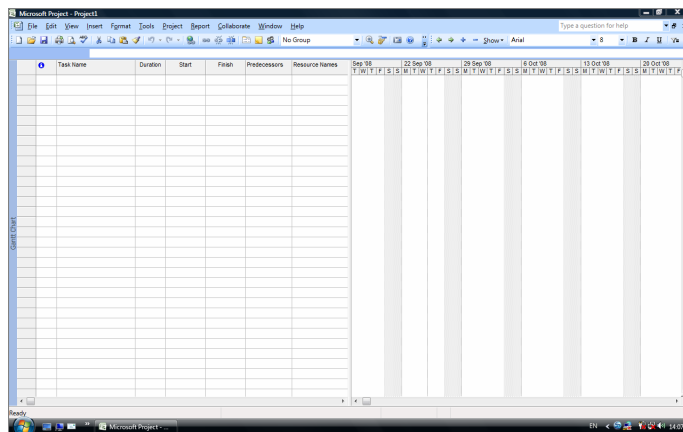


Ukoliko se unese šifra u polje **Protection Password** projekat može otvoriti samo osoba kojoj je poznata ta šifra. Ukoliko se izabere **Write reservation password**, svako može otvoriti projekat, ali je on read-only, odnosno niko ne može unositi izmene u već postojeći projektni plan. Konačno, ukoliko se izabere opcija **Read-only recommended**, prilikom otvaranja projekta, **MS**

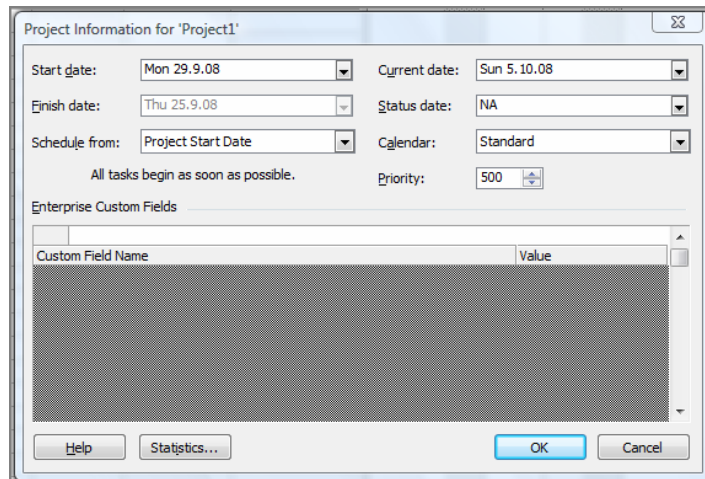
**Project** javlja korisnicima da je preporučeno da je dokument read-only, odnosno da nije poželjno unositi izmene u njega.

## Postavljanje osnovnih informacija o programu

Izgled osnovnog prozora za dijalog programa **Microsoft Office Project 2007** prikazan je na sledećoj slici:



Za unošenje osnovnih informacija o projektu koristi se okvir za dijalog **Project Information (Project** → **Project Information)**:



**Project Information** omogućava unos informacija o projektu u 8 raspoloživih polja:

- **Start Date** – ako je poznato kada projekat treba da počne, izabere se opcija datuma početka. Kada se unesu aktivnosti projekta, program će proračunati datum završetka projekta koji se bazira na utvrđenom datumu početka.

- **Finish Date** – ukoliko je poznat datum do kog se mora završiti projekat, popunjava se ovo polje, ali pre toga se mora promeniti polje **Schedule From**.

- **Schedule From** – ovo polje ima dve opcije: **Project Start Date** i **Project Finish Date**. Izborom jedne od tih opcija određuje se način na koji će **MS Project** proračunavati datume (od datuma početka ili od datuma završetka).

- **Current Date** – automatski pokazuje tekući dan. U većini slučajeva nema potrebe da se menja taj datum. **MS Project** koristi ovaj datum za izračunavanje različitih odstupanja od plana, osim u slučaju kada je u polju **Status Date** naveden neki datum.

- **Status Date** – Ovaj datum može se izabrati kao datum preseka projekta, odnosno datum od kog će se pratiti napredak projekta, porediti planirane i ostvarene veličine, štampati izveštaji i sl. Ukoliko se ostavi **NA**, **MS Project** će ga posmatrati kao tekući datum.

- **Calendar** – postoje tri opcije koje se mogu izabrati.

- **Priority** – može se odrediti prioritet za svaki projekat ili aktivnost, posebno u situacijama kada više projekata deli zajedničke resurse. Prioritet se definiše izborom vrednosti od 1 do 1000.

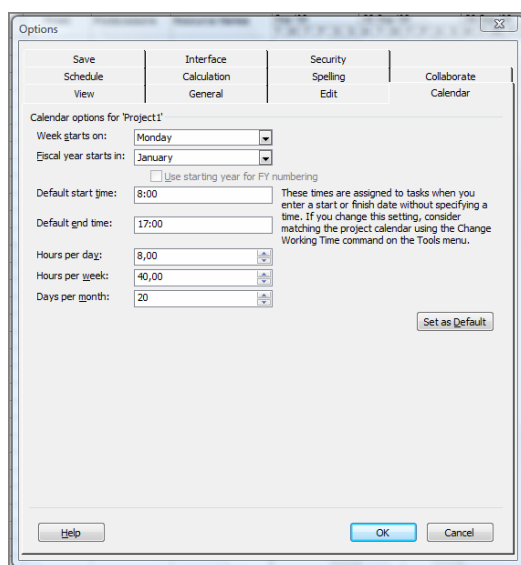
- **Enterprise Custom Fields** – polje koje je neophodno ukoliko se u organizaciji koristi **Project Server**.

## Definisanje kalendara

Kalendar se definiše izborom sledećih opcija:

**Tools** → **Options** → **Calendar**

Navedenim komandama dobija se okvir za dijalog prikazan na slici.



U dobijenom okviru za dijalog može se izabrati: dan koji označava početak radne nedelje, mesec koji označava početak godine, početak i kraj radnog vremena, dnevno, nedeljno i mesečno angažovanje.

Ukoliko se promene definisane postavke, a da bi se odnosile na ceo projekat, potrebno je označiti opciju **Set as Default**.

Kalendar projekta je jedan od bitnih faktora pri upravljanju projektom. Projekt koristi ovaj kalendar za proračun vremena potrebnog za izvršenje projekta. Postoje tri podrazumevana kalendara: standardni kalendar (**Standard** – petodnevna radna nedelja sa osmočasovnim radnim vremenom), kalendar treće smene (**Night shift** – od 11 uveče do 8 ujutru, svim danima osim nedelje), i 24-satni kalendar (**24-hour** – radno vreme je 24 sata, svih sedam dana u nedelji).

Okvir za dijalog **Change Working Time (Tools→Change Working Time)** prikazuje onaj kalendar koji je izabran u okviru za dijalog **Project Information**. Dani prikazani belom bojom su podrazumevani radni dani, a osenčeni su neradni dani.

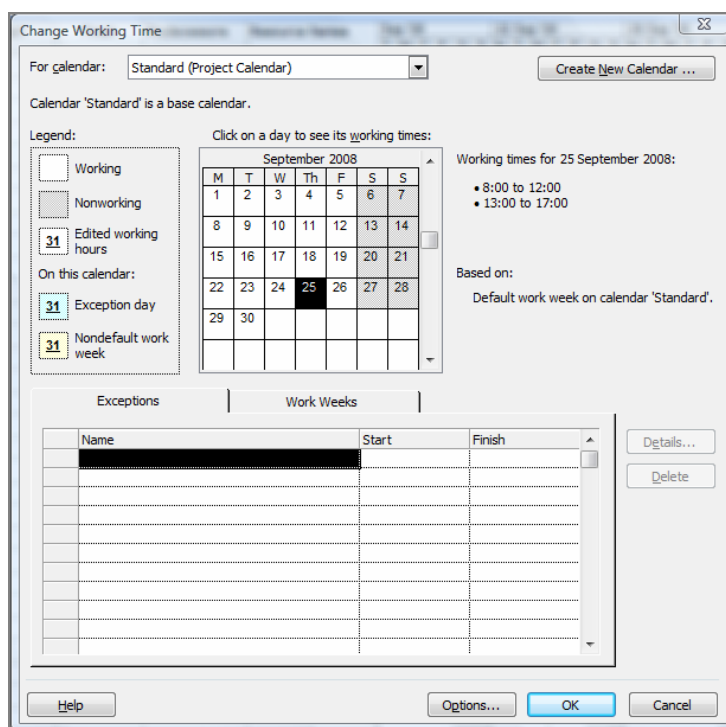
Promena neradnih dana u radne i obratno, radnih u neradne, kao i određivanje i menjanje radnog vremena može se vršiti izborom opcije



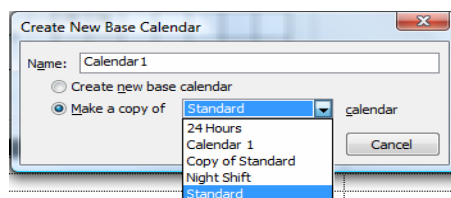
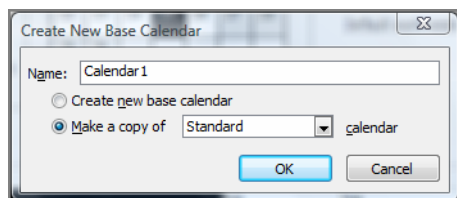
**Word Weeks**, a zatim na paleti **details** odabirom dana u nedelji i jedne od ponuđenih opcija:

- Use Project default times for these days.
- Set days to nonworking time.
- Set day(s) to these specific working times.

Izgled dijaloškog okvira **Change Working Time** prikazan je na sledećoj slici:

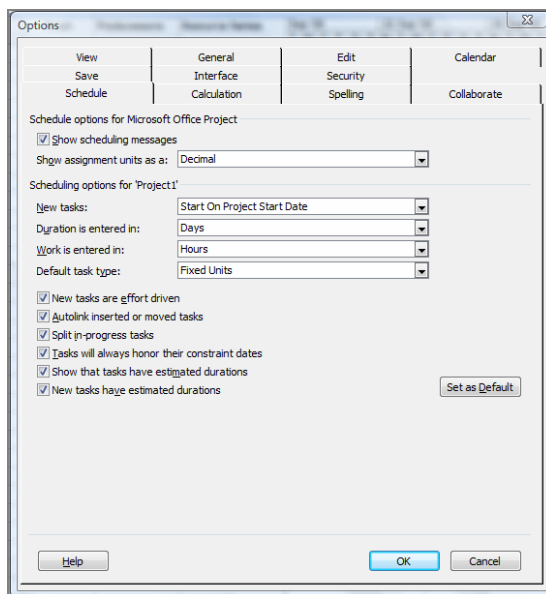


Na listi **For calendar** mogu se videti postojeći kalendari. Za kreiranje novog kalendara potrebno je odabrati opciju **Create New Calendar...**



## Postavljanje osnovnih informacija o aktivnostima

Da bi se promenila podešavanja vezana za tip aktivnosti, njihovo trajanje i sl., potrebno je koristiti: **Tools** → **Options** → **Schedule**.



U ovom okviru za dijalog može se izabrati da li aktivnost koja se unosi počinje na datum početka projekta ili tekući datum: **New tasks: Start On Project Start Date** ili **Start On Current Date**.

Može se izabrati jedinica u koju će biti uneti trajanje aktivnosti i rad: Duration is entered in: Days, Minutes, Hours, Months, Weeks, Work is entered in: Hours, Days, Minutes, Months, Weeks.

U polju Default task type MS Project nudi tri opcije: Fixed Units, Fixed Work i Fixed Duration.

Pre unošenja aktivnosti bitno je izabrati tip **Fixed Duration**, kako bi se označilo da na trajanje aktivnosti neće uticati dodavanje ili oduzimanje resursa. Takođe, neophodno je isključiti opciju **New tasks are effort driven**.

## Izrada plana dnevnih jelovnika pomoću programa microsoft office project 2007

U ovom delu rada, na jednom primeru, prikazaćemo samo jednu, od velikog broja mogućnosti primene programskog paketa **Microsoft Office Project 2007**.

Primena ovog programskog paketa u planiranju, organizovanju i realizaciji ishrane pripadnika Vojske u velikoj meri bi olakšala rad licima koja izvršavaju ove poslove, a pre svega neposrednim realizatorima, odnosno upravicima vojnih restorana. Naime, ovim programskim paketom može se vršiti planiranje potreba u artiklima hrane, planiranje jelovnika, planiranje potrebnih namirnica za predviđena jela, angažovanje ljudstva i opreme, vreme angažovanja, cene koštanja, izrada izveštaja sa različitim pokazateljima, itd.

Takođe, ovim programskim paketom moguće je ostvariti uvid u stepen realizacije zadataka u svakom trenutku angažovanja ljudstva i ostalih resursa, pratiti stanje angažovanih resursa i preduzimati blagovremene mere za otklanjanje uočenih nedostataka.

Prirodno, za realizaciju navedenog potrebna je odgovarajuća računarska podrška, posedovanje programskog paketa **Microsoft Office Project 2007** i poznavanje rada sa tim paketom.

U ovom radu, kao primer, izradićemo Plan dnevnih jelovnika za sedam dana, izvršićemo grupisanje jelovnika po obedima i danima, odredićemo lica zadužena za pripremanje pojedinih jela, namirnice potrebne za pripremanje jela i cenu dnevnog angažovanja ljudstva. Uzećemo za primer sledeći jelovnik [4]:

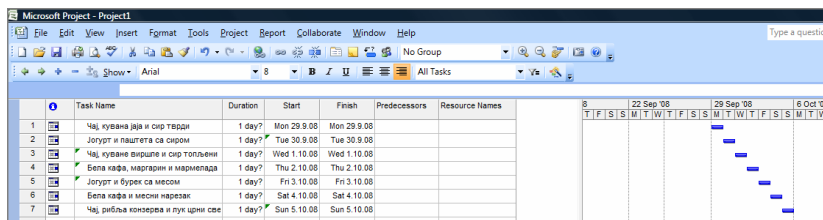
Obed Datum	Doručak	Ručak	Večera
29. 09. 2008.	Čaj, kuvana jaja i sir tvrdi	Vojnički pasulj, salata od svežih krastavaca	Pljeskavica sa crnim lukom
30. 09. 2008.	Jogurt i pašteta sa sirom	Čorba od krompira, đuveč sa mesom i slata od svežeg paradajza	Pileće pečenje, pečeni krompir, salata od cvekle
01. 10. 2008.	Čaj, kuvane viršle i sir topljeni	Supa od koncentrata, musaka od krompira, salata od svežeg kupusa	Pohovana riba sa slanim krompirom, salata od kiselih paprika
02. 10. 2008.	Bela kafa, margarin i marmelada	Pasulj sa suvom slaninom, salata od svežeg paradajza	Mesni narezak i voće sveže
03. 10. 2008.	Jogurt i burek sa mesom	Ragu čorba, grčko čufte, salata od svežih krastavaca	Faširana šnicla i pire od krompira, salata od svežeg kupusa
04. 10. 2008.	Bela kafa i mesni narezak	Supa od koncentrata, pire krompir i punjene paprike, salata od cvekle	Pita sa sirom i jogurt
05. 10. 2008.	Čaj, riblja konzerva i luk crni sveži	Faširana šnicla sa čorbastim pasuljem, salata od svežeg kupusa	Pekarski krompir sa kobasicama, salata od kiselih paprika



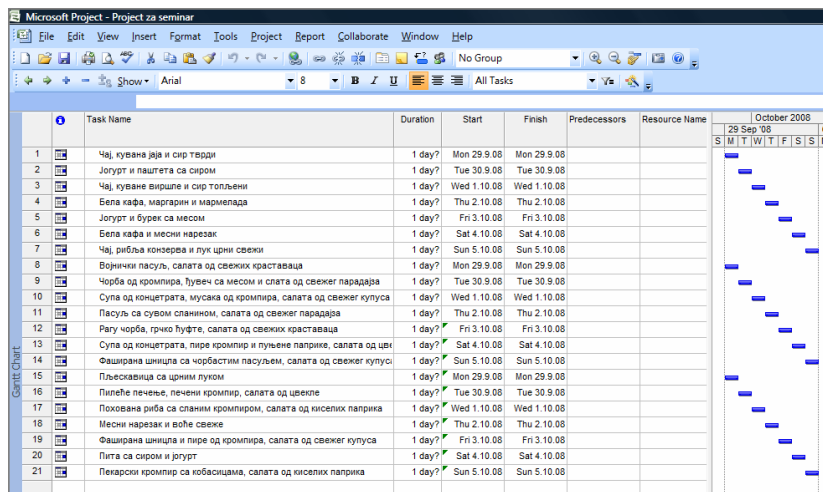
Nakon instaliranja programskog paketa **Microsoft Office Project 2007**, on će biti pridružen osnovnom paketu **Microsoft Office**. Aktiviraćemo program pomoću ikonice date na slici pored, pri čemu će se otvoriti osnovni dijaloški okvir programskog paketa **Microsoft Office Project 2007**. Slika dijaloškog okvira data je u podnaslovu „Postavljanje osnovnih informacija“ ovog rada. Potrebno je izvršiti pripreme programa, kako je to navedeno u prethodnim podnaslovima.

Nakon otvaranja dijaloškog okvira i realizacije priprema, u kolonu **Task Name** unecemo nazive jela, a program će sam odrediti tadašnji datum za početak i završetak aktivnosti i vreme njegovog trajanja. Ukoliko nam to ne odgovara možemo sami odrediti te parametre: u koloni **Start** početak primene, u koloni **Finish** kraj primene jela i u koloni **Duration** vreme primene. Program će sam podešavati vreme primene (kolonu **Duration**) ukoliko mi promenimo početak ili završetak primene. Takođe, u desnom delu dijaloškog okvira program daje grafički prikaz planirane aktivnosti, a u krajnjoj levoj koloni sam unosi redne brojeve.

Izgled dijaloškog prozora sa unetim jelima za doručak:



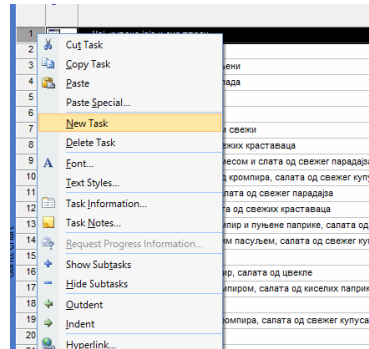
Izgled dijaloškog prozora sa unetim jelima za sva tri obeda:



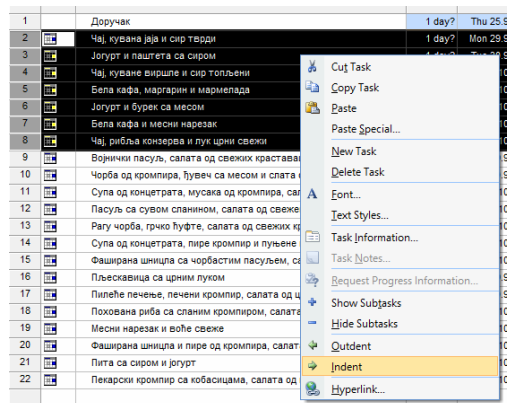
## Grupisanje jela po obedima

Često se u radu javlja potreba da određene aktivnosti, zbog preglednosti, grupišemo u jednu ili više sumarnih aktivnosti.

U našem primeru, jela pod rednim brojevima 1 do 7 možemo grupisati u grupu „Doručak“, jela pod rednim brojevima 8 do 14 u grupu „Ručak“, a jela pod rednim brojevima 15 do 21 u grupu „Večera“. To ćemo uraditi tako što ćemo označiti prvo jelo u nizu koji hoćemo da grupišemo (u ovom slučaju to bi bilo jelo pod rednim brojem 1, desnim tasterom na redni broj 1 pa markiramo komandom **New task**). Iznad markiranog jela, pod rednim brojem 1, dobićemo novi prazan red. U taj red upisujemo naziv naše sumarne aktivnosti (u ovom slučaju „Doručak“).



Sada ćemo označiti sva pojedinačna jela (prevlačenjem kursora preko njihovih rednih brojeva) i podvesti ih pod sumarni naziv (koji se nalazi iznad njih) tako što ćemo kliknuti na ikonicu **Indent** – horizontalnu strelicu usmerenu nadesno.



Primetićemo da je naziv sumarne aktivnosti sada ispisan podebljanim slovima i da se ispred njega nalazi simbol - (crtica u kvadratiću). Kada kliknemo na njega pojedinačne aktivnosti će se praktično podvući pod sumarnu aktivnost, a simbol - će se promeniti u +.

Ovo možemo koristiti kada zbog preglednosti želimo da izbegnemo nepotrebnu detaljnost.

Izgled sumarne aktivnosti „Doručak“ (sa prikazanim i „skrivenim“ pojedinačnim jelima) prikazan je na sledećim slikama:

1		+ Доручак	7 days?
9		Војнички пасуљ, салата од свежих краставаца	1 day?
10		Чорба од кромпира, ћувеч са месом и спата од свежег парадајза	1 day?
11		Супа од концентрата, мусака од кромпира, салата од свежег купуса	1 day?
12		Пасуљ са сувом сланином, салата од свежег парадајза	1 day?
13		Рагу чорба, грчко ћуфте, салата од свежих краставаца	1 day?
14		Супа од концентрата, пире кромпир и пуњене паприке, салата од цве	1 day?

1		- Доручак	7 days?
2		Чај, кувана јаја и сир тврди	1 day?
3		Јогурт и паштета са сиром	1 day?
4		Чај, куване вирше и сир тољени	1 day?
5		Бела кафа, маргарин и мармелада	1 day?
6		Јогурт и буре са месом	1 day?
7		Бела кафа и месни нарезак	1 day?
8		Чај, риблива конзерва и лук црни свежи	1 day?
9		Војнички пасуљ, салата од свежих краставаца	1 day?

Postupak je isti i za ručak i večeru. Pri tom ćemo dobiti sledeći prikaz (sa „skrivenim“ pojedinačnim jelima):

Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Name
1 + Доручак	7 days?	Mon 29.9.08	Sun 5.10.08		
9 + Ручак	7 days?	Mon 29.9.08	Sun 5.10.08		
17 + Вечера	7 days?	Mon 29.9.08	Sun 5.10.08		

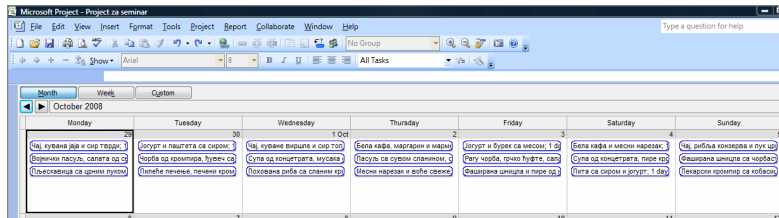
Uočavamo da se ispred grupnog naziva nalazi znak +, da je u koloni **Duration** program sam uneo vreme trajanja (sedam dana), kao i da je sam podesio vreme početka (**Start**) i završetka aktivnosti (**Finish**). Takođe, na desnoj strani uočavamo novi grafički prikaz koji pokriva vreme trajanja aktivnosti – jelovnika.

Ukoliko otkrijemo „skrivena“ pojedinačna jela (klikom levim tasterom miša na znak + ispred svakog grupnog naziva) po obedima dobićemo sledeći prikaz:

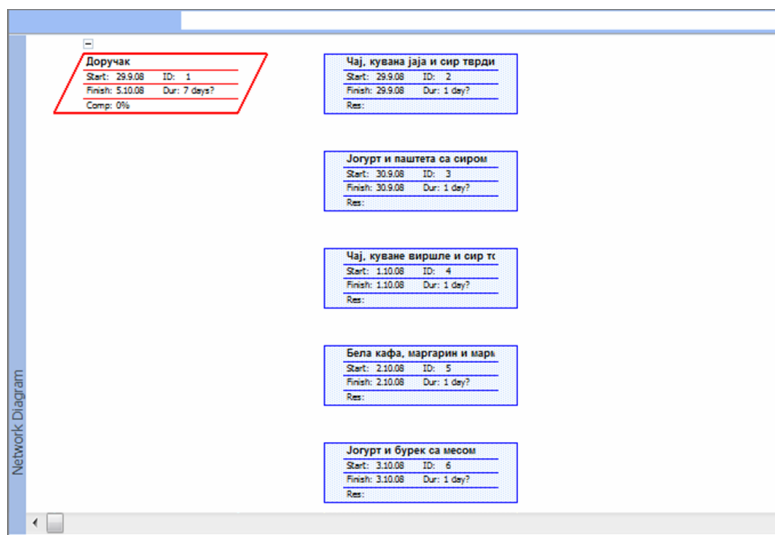
Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Name
1 + Доручак	7 days?	Mon 29.9.08	Sun 5.10.08		
2 - Доручак	1 day?	Mon 29.9.08	Mon 29.9.08		
3 Чај, кувана јаја и сир тврди	1 day?	Tue 30.9.08	Tue 30.9.08		
4 Јогурт и паштета са сиром	1 day?	Wed 1.10.08	Wed 1.10.08		
5 Чај, куване вирше и сир тољени	1 day?	Thu 2.10.08	Thu 2.10.08		
6 Бела кафа, маргарин и мармелада	1 day?	Fri 3.10.08	Fri 3.10.08		
7 Јогурт и буре са месом	1 day?	Sat 4.10.08	Sat 4.10.08		
8 Бела кафа и месни нарезак	1 day?	Sun 5.10.08	Sun 5.10.08		
9 Чај, риблива конзерва и лук црни свежи	1 day?	Mon 29.9.08	Sun 5.10.08		
10 - Вечера	7 days?	Mon 29.9.08	Sun 5.10.08		
11 Војнички пасуљ, салата од свежих краставаца	1 day?	Mon 29.9.08	Mon 29.9.08		
12 Чорба од кромпира, ћувеч са месом и спата од свежег парадајза	1 day?	Tue 30.9.08	Tue 30.9.08		
13 Супа од концентрата, мусака од кромпира, салата од свежег купуса	1 day?	Wed 1.10.08	Wed 1.10.08		
14 Пасуљ са сувом сланином, салата од свежег парадајза	1 day?	Thu 2.10.08	Thu 2.10.08		
15 Рагу чорба, грчко ћуфте, салата од свежих краставаца	1 day?	Fri 3.10.08	Fri 3.10.08		
16 Супа од концентрата, пире кромпир и пуњене паприке, салата од цве	1 day?	Sat 4.10.08	Sat 4.10.08		
17 Филсана ананас са чокобастим пасуљем, салата од свежих ку	1 day?	Sun 5.10.08	Sun 5.10.08		
18 - Вечера	7 days?	Mon 29.9.08	Sun 5.10.08		
19 Пљесковица са црним купус	1 day?	Mon 29.9.08	Mon 29.9.08		
20 Пилећи печени, печени кромпир, салата од цве	1 day?	Tue 30.9.08	Tue 30.9.08		
21 Пилећина раба са сиром кромпиром, салата од киселих патри	1 day?	Wed 1.10.08	Wed 1.10.08		
22 Месни нарезак и воља свежа	1 day?	Thu 2.10.08	Thu 2.10.08		
23 Филсана ананас и пире од кромпира, салата од свежих купуса	1 day?	Fri 3.10.08	Fri 3.10.08		
24 Пата са сиром и догерт	1 day?	Sat 4.10.08	Sat 4.10.08		
25 Лиснаса оришче са кебабацима, салата од киселих патри	1 day?	Sun 5.10.08	Sun 5.10.08		

**Microsoft Office Project 2007** dozvoljava i niz drugih mogućnosti za pregledanje navedenih prikaza, kao što su npr. **View – Calendar**, **View – Network Diagram**, **View – Tracking Gantt** i drugi.

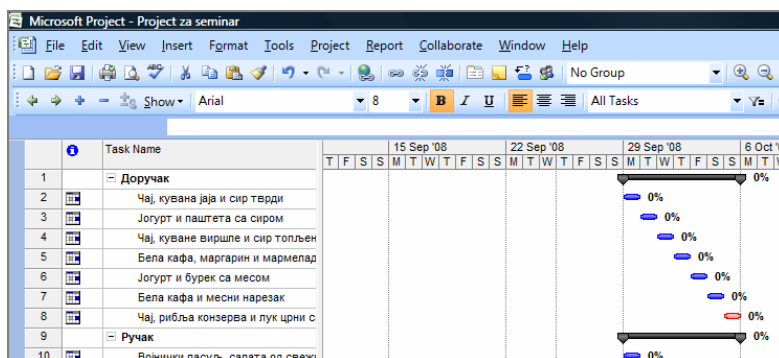
Tako, na primer, u opciji **View – Calendar** možemo videti kompletan jelovnik po danima:



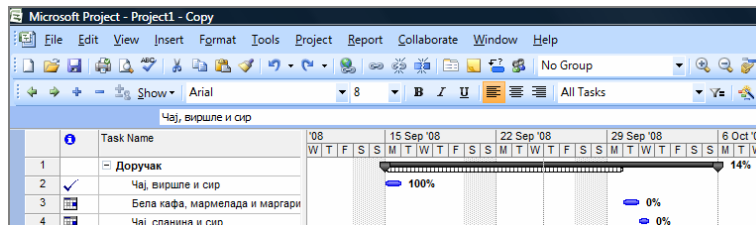
U opciji **View – Network Diagram** možemo videti sledeći prikaz:



U opciji **View – Tracking Gantt** možemo videti prikaz sa procentom realizacije:



ili ukoliko je neki od jelovnika realizovan, prikaz će biti sledeći:



## Unošenje resursa

Program **Microsoft Office Project 2007** obuhvata resurse – ljude i opremu koji su potrebni da bi se završili određeni zadaci na nekom projektu. **Microsoft Office Project 2007** usmerava svoje težište na dva aspekta resursa: njihovu raspoloživost i njihove troškove. Raspoloživost određuje kada određeni resursi mogu da rade na zadacima i koliko posla mogu da obave, a troškovi se odnose na to koliko će novca biti potrebno za plaćanje tih resursa. Pored toga, **MS project** podržava i dva druga tipa specijalnih resursa: materijal i troškove.

U ovom delu, kada je u pitanju naš primer, izvršićemo podešavanje i unošenje u projekat ljudskih i materijalnih resursa sa delom troškova. To ćemo uraditi na sledeći način: otvorićemo naš projekat koji smo prethodno uradili. Iz menija **View** izabraćemo opciju **Resource Sheet**. Koristićemo prikaz **Resource Sheet** da bismo lakše podesili početnu listu resursa za naš projekat.

Otvoreni dijaloški okvir **Resource Sheet**:

Resource Name	Type	Material Label	Initials	Group	Max. Units	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost/Use	Accrue At	Base Calendar	Code

U prikazu **Resource Sheet**, u kolonu **Resource name**, upisujemo ime prvog radnika (u našem slučaju kuvara, s obzirom na to da ćemo kao ljudske resurse upotrebiti kuvare koji će spremati navedena jela). Nakon upisivanja prvog kuvara, pritiskom tastera „enter“ **MS Project**, pravi se novi resurs. Na isti način upisujemo i ostala imena. Kod svih imena u koloni **Type** treba da bude obeležena opcija **Work**. U polje **Max. Units** unose se podaci o zauzetosti osoblja (50%, 100%...).

Napominjemo da se tabele **Microsoft Office Projecta 2007** u velikoj meri ponašaju kao tabele **Microsoft Office Excela 2007**, odnosno prevlačenjem podataka iz jednog okvira u drugi dolazi do njihovog kopiranja.

Pošto smo uneli imena osoblja možemo uneti i troškove koje to osoblje iziskuje, odnosno odrediti njegovu cenu po satu-času rada. U prozoru **Resource Sheet**, u koloni **Std. Rate**, unosimo cenu po satu-času rada.

Po unošenju ljudskih i troškovnih resursa unecemo u projekat i materijalne resurse. U našem slučaju unecemo podatke o potrebnim količinama artikala hrane.



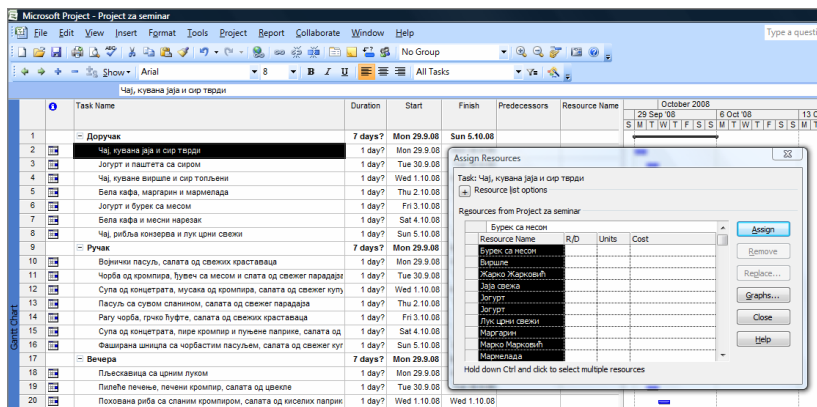
Unošenje materijalnih resursa vršimo na sledeći način: u prikazu **Resource Sheet**, u kolonu **Resource name** u prvu sledeću slobodnu rubriku upisujemo naziv artikla hrane, a u koloni **Type**, u padajućem meniju, obeležimo **Material**. U koloni **Material Label** unesemo količinu artikala hrane. Podaci koje smo uneli u dijaloški okvir **Resource Sheet** izgledaju ovako:

Resource Name	Type	Material Label	Initials	Group	Max. Units	Std. Rate	Ovt. Rate	Cost/Use	Accrue At	Base Calendar
1	Марко Марковић	Work	M		100	200,00 Din./hr	0,00 Din./hr	0,00 Din.	Prorated	Standard
2	Милан Милановић	Work	M		100	200,00 Din./hr	0,00 Din./hr	0,00 Din.	Prorated	Standard
3	Жарко Жарковић	Work	Ж		100	200,00 Din./hr	0,00 Din./hr	0,00 Din.	Prorated	Standard
4	Милан Милић	Work	M		100	200,00 Din./hr	0,00 Din./hr	0,00 Din.	Prorated	Standard
5	Станоје Перић	Work	C		100	200,00 Din./hr	0,00 Din./hr	0,00 Din.	Prorated	Standard
6	Хлеб	Material	20 кг	X		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
7	Чај	Material	0,3 кг	Ч		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
8	Јаја свежа	Material	200 ком	Ј		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
9	Сир тврди масни	Material	5 кг	С		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
10	Јогурт	Material	20 л	Ј		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
11	Пахта са сиром	Material	2,5 кг	П		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
12	Чај	Material	0,3 кг	Ч		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
13	Вирше	Material	20 кг	В		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
14	Сир топљени	Material	5 кг	С		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
15	Млеко свеже	Material	25 л	М		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
16	Мармелада	Material	3 кг	М		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
17	Маргарин	Material	2 кг	М		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
18	Јогурт	Material	20 л	Ј		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
19	Буреџ са месом	Material	25 кг	Б		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
20	Млеко свеже	Material	25 л	М		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
21	Месни нарезак	Material	15 кг	М		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
22	Чај	Material	0,3 кг	Ч		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
23	Рибља конзерва	Material	12,5 кг	Р		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	
24	Лук црни свежи	Material	5 кг	Л		0,00 Din.		0,00 Din.	Prorated	

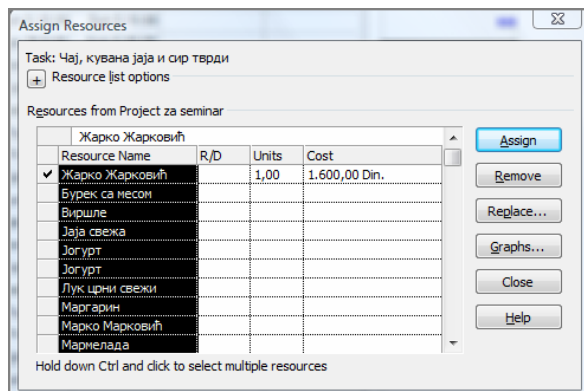
Pored unetih podataka moguće je uneti i neke druge, kao npr. cenu artikala hrane, troškove prevoženja, itd.

Na kraju, poslednje što ćemo uraditi u radu je da unete resurse dodelimo zadacima, odnosno pojedinačnim jelima. To ćemo uraditi na sledeći način: otvorimo naš projekt u opciji **View – Gantt Chart**, a zatim na paleti **Tools** odaberemo **Assign Resources**.

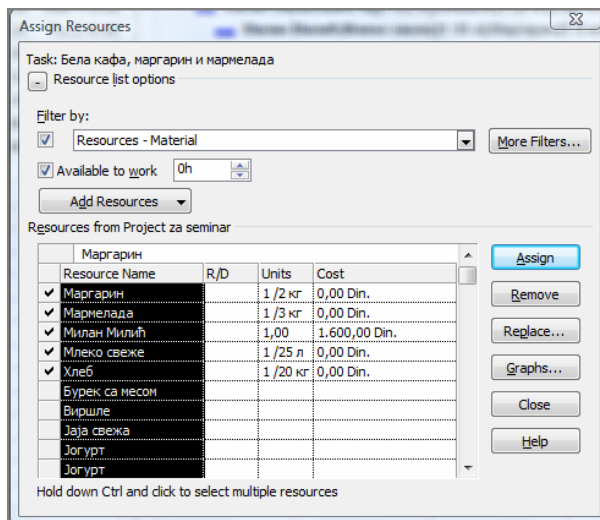
Izgled palete **Assign Resources** prikazan je na sledećoj slici:



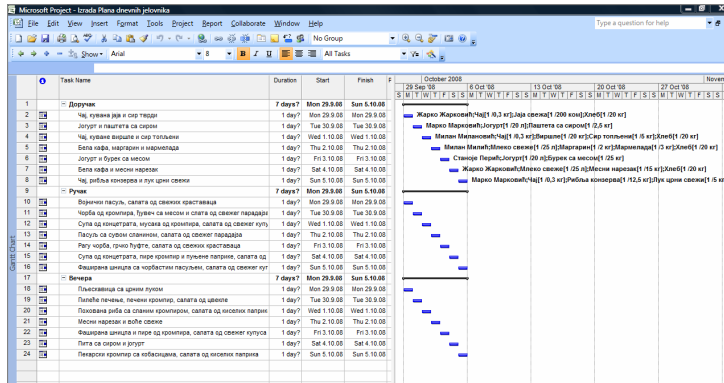
Na paleti **Gantt Chart** markiramo jelo kojem ćemo dodeliti resurse, a zatim iz tabele na paleti **Assign Resources** odaberemo resurse i kliknemo na dugme **Assign**. Kada iz date tabele odaberemo ime Žarko Žarković i kliknemo na dugme **Assign**, u samoj tabeli će se pojaviti i troškovni izdaci za navedeno lice za taj radni dan, što se vidi na sledećoj slici:



Na isti način dodeljujemo i materijalne resurse, tako da na paleti **Assign Resources** imamo zbirne resurse za jedno jelo, kao što se vidi na sledećoj slici:



Prikaz celog projekta „Izrada Plana dnevnih jelovnika“ pomoću programskog paketa **Microsoft Office Project 2007** (s napomenom da su resursi dodeljeni samo jelima za doručak), u dijaloškom okviru **Gantt Chart** izgleda ovako:



## Mogućnosti praktične primene izrađenog projekta

Mogućnosti primene izrađenog projekta su velike i značajne, a koliko će biti iskorišćenje zavisi od znanja i umešnosti korisnika. U ovom delu iznećemo samo nekoliko primera koji pokazuju na koji način se projekat može koristiti i koje nam sve podatke može pružiti.

### Pokazatelji ostvarene vrednosti plana

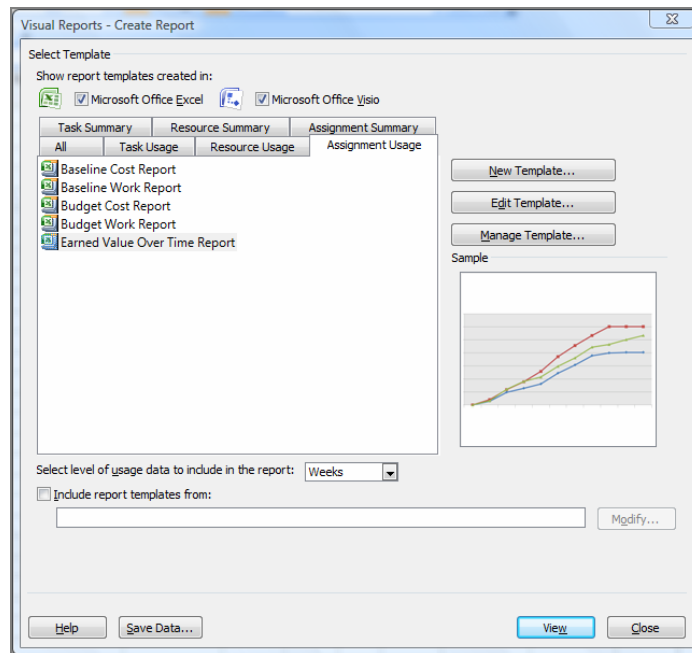
Da bismo videli ove pokazatelje potrebno je otvoriti urađeni projekat u dijaloškom okviru **Gantt Chart**, a zatim na paleti **View** odabrati: **More Views** – **Task Sheet** i zatim pritisnuti dugme **Apply**. Dobićemo sledeći prikaz:

Task Name	Planned Value - PV (BCWS)	Earned Value - EV (BCWP)	CV	CV%	CPI	BAC	EAC	VAC	TCPI
1 - Доручак	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	11.200,00 Din.	-11.200,00 Din.	0
2 Чaj, kuvana jaja и сир тврдји	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	1.600,00 Din.	-1.600,00 Din.	0
3 Јогурт и паштета са сиром	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	1.600,00 Din.	-1.600,00 Din.	0
4 Чaj, kuvane вирише и сир топљени	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	1.600,00 Din.	-1.600,00 Din.	0
5 Бела кафа, маргарин и мармелада	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	1.600,00 Din.	-1.600,00 Din.	0
6 Јогурт и буре са месом	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	1.600,00 Din.	-1.600,00 Din.	0
7 Бела кафа и месни нарезак	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	1.600,00 Din.	-1.600,00 Din.	0
8 Чaj, рибаљ конзерва и пук црни свежи	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	1.600,00 Din.	-1.600,00 Din.	0
9 Ручак	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0
17 Вечера	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0%	0	0,00 Din.	0,00 Din.	0,00 Din.	0

Uočavamo: u koloni **EAC** (estimate at completion) trošak za svako jelo je 1.600,00 dinara (u delu obrađenom u podnaslovu 7.2.2 – unošenje resursa, svakom angažovanom licu odredili smo cenu angažovanja po 200,00 dinara za sat rada, što za osam sati iznosi 1.600,00 dinara. Odredili smo da svako jelo priprema jedno lice). Na rednom broju 1 – Doručak uočavamo 11.200,00 dinara, što je zbir svih 7 dana po 1.600,00 dinara.

## Vizuelni izveštaj ostvarene vrednosti

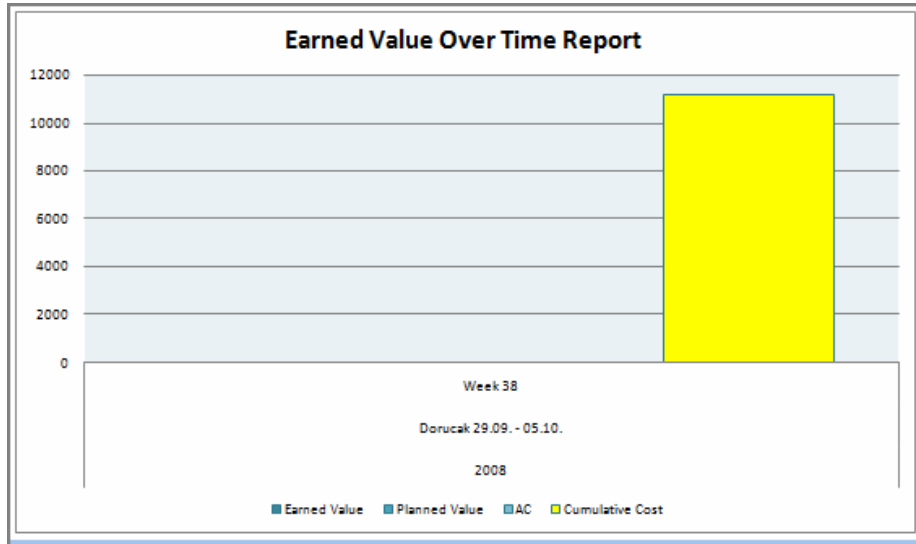
Da bismo izradili vizuelni izveštaj ostvarene vrednosti potrebno je u meniju **Report** izabrati **Visual Reports**, a zatim otvoriti karticu **Assignment Usage** i izabrati **Earned Value Over Time Report**. Dobićemo sledeći prikaz:



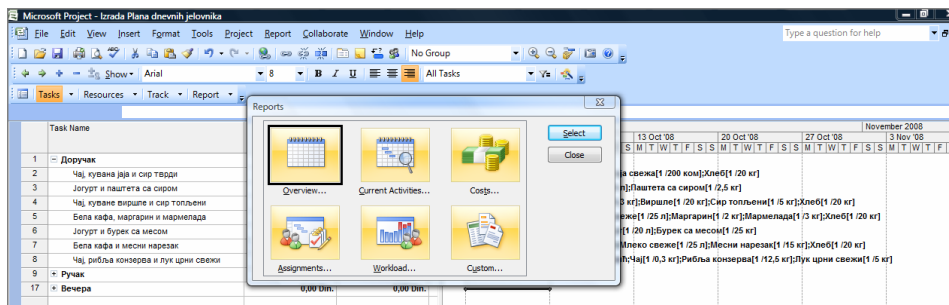
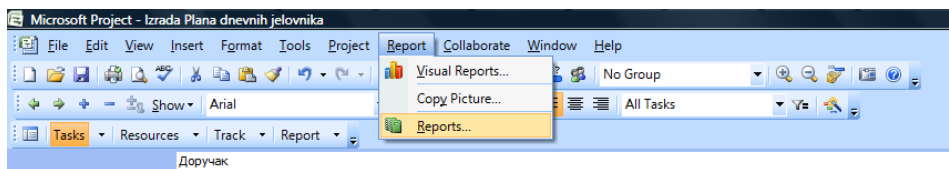
U polju **Select level of usage data to include in the report** izaberemo interval u kojem želimo da napravimo izveštaj, a zatim izaberemo opciju **View**. Otvoriće se prozor **Microsoft Office Excel**. Izabraćemo stranu **Assignment Usage withEV** i na desnoj strani na paleti **Pivot Table Field List** markirati opciju **Cumulative Cost** (ostale po potrebi). Dobićemo tabelu:

G17		fx			
	A	B	C	D	E
1	Tasks	All			
2					
3				Data	
4	Year	Obed	Week	AC	Cumulative Cost
5	2008	Dorucak 29.09. - 05.10.	Week 38	0	11200
6	2008 Total			0	11200
7	Grand Total			0	11200
8					

U tabeli vidimo ukupne troškove. Ako odaberemo list **Chart 1** možemo videti i grafički prikaz:



Program nudi i niz drugih mogućnosti prikaza koje nam mogu biti od koristi za praćenje poslovanja, troškova i realizacije zadataka. Možemo ih pronaći aktiviranjem opcije **Report** na osnovnoj paleti menija, a zatim odabirom opcije **Reports**, čime ćemo dobiti poseban dijaloški okvir u kojem možemo odabrati neki od ponuđenih načina vizuelnog prikaza podataka.



## Zaključak

Mogućnosti programskog paketa **Microsoft Office Project 2007** svakako su velike i još uvek nedovoljno prihvaćene. Takođe, ovaj programski paket, zbog sklonosti da se teško menja nešto na šta smo navikli, nije našao adekvatnu primenu u praksi. Upravljanje projektima je, u stvari, široko primenjena veština i nauka, a osnovni cilj upravljanja projektima jeste da se pruži pomoć u planiranju i kontrolisanju realizacije aktivnosti koje se preduzimaju.

U radu su prikazane mogućnosti korišćenja programskog paketa **Microsoft Office Project 2007** u planiranju, organizovanju i realizaciji ishrane pripadnika Vojske, sa konkretnim primerom simulacije izrade Plana dnevnih jelovnika. Prikazan je način planiranja jelovnika i dodeljivanja ljudskih i materijalnih resursa svakom od planiranih jela, a navedeni programski paket pruža korisnicima i niz drugih mogućnosti kojima se mogu dobiti veoma bitni podaci za dalji rad.

Cilj primene ovog programskog paketa u realizaciji ishrane pripadnika Vojske jeste da se dobiju najpovoljnija rešenja za ishranu sa stanovišta mogućnosti i potreba, kao i da se skрати vreme izrade planova i drugih dokumenata bitnih za planiranje i organizovanje ishrane. Sadašnji način rada, osim što oduzima mnogo vremena, nije konzistentan i ne daje ni dovoljno podataka niti oni stižu na vreme, a moramo ih imati pri donošenju odluke o načinu organizovanja ishrane, o izradi plana dnevnih jelovnika, odnosno odabiru jela i zadovoljenju propisanih kriterijuma. Pored toga, primenom ovog programskog paketa mogu se ostvariti i uštede na raznim poljima i obezbediti povećanje efikasnosti rada.

### Literatura

[1] Chatfield, C., Johnson, T.: *Korak po korak Microsoft Office Project 2007*, Microsoft, CET computer Equipment and trade, Beograd, 2007.

[2] Johnson, S.: *Microsoft Office 2007 na dlanu*, Kompjuter biblioteka, Beograd, 2007.

[3] Krčevinac, S., Čangalović, M., Kovačević-Vujčić, V., Martić, M., Vujošević, M.: *Operaciona istraživanja*, FON, Beograd, 2004.

[4] *Plan ishrane za obrok broj 1 i 3*, VIZ, Beograd, 2004.

### APPLICATION OF THE MICROSOFT OFFICE PROJECT 2007 FOR PLANNING THE ARMY PERSONNEL FEEDING PROCESS

#### Summary:

*This paper presents the use of the Microsoft Office Project 2007 as a project management application for planning the feeding process in the Army. In order to have an appropriate and efficient feeding process of the*

*military personnel the implementation of decision making techniques is an imperative. Application of these techniques in planning and organizing meal preparation for the military personnel would produce many savings regarding food supplies, transportation means, labour, equipment, and reduce the time for food preparation and budget spending, as well. In this paper only some of possibilities which the Microsoft Office Project 2007 could offer for management of projects are presented.*

#### Introduction

*Employing this software as a planning support would largely contribute to more efficient and more organized planning of feeding process system, as well as planning of other organized systems important for functioning of one mega-system such as the Army of Serbia.*

*Decision-making in a given situation depends on the evaluation of all circumstances which can affect execution of the process, but also on proper management which is essential considering that many factors affect the realisation of the process and inevitably change parameters of business. The **Microsoft Office Project 2007** is irreplaceable help in such situations- it provides a possibility to the user to be ahead of the circumstances.*

#### MANAGING THE PROJECTS WITH THE MICROSOFT OFFICE PROJECT 2007

*Managing the projects depends on time limits, budget and effort invested in their completing. In order to realize a project successfully, we have to coordinate all mentioned factors, and the easiest way to achieve that is by using a software package for project managing such as the **Microsoft Office Project 2007**.*

#### MS Project Accounts (Displays)

*The **MS Project** contains large number of accounts used for entering, editing, analyzing and showing project information. Some of the most significant and the most often used accounts are: **Gantt Chart, Resource Sheet, Task Sheet, Resource Usage, Task Usage and Network Diagram**.*

#### Saving and protection of MS Project

*A project plan done in **MS Project** can be saved as files in any other Microsoft applications, using the option **Save As**. Saving and protection of **MS Project** can be achieved by using the option : **Save As-> Tools-> General Options-> Save Options** and entering the password in **Protection Password** field.*

#### Setting the basic program information

*Prior to the start, it is necessary to set the basic information in the dialog frame **Project Information (Project-> Project Information)**. Project information is entered in eight available fields: **Start Date, Finish Date, Schedule From, Current Date, Status Date, Calendar, Priority and Enterprise Custom Fields**.*

#### Setting the basic activity information

*In order to change the settings related to the type of activity, duration, etc., using the option **Tools-> Options -> Schedule** is necessary. It is possible to choose in this dialog frame if the start date of activity is the same as the date of the beginning of the project, or a current date, which means that it is possible to choose a unit where the duration of activity and work will be entered.*

#### PLANING THE DAILY MENUS USING THE MICROSOFT OFFICE PROJECT 2007

*This part of the paper presents one of many possibilities of the application of the program package **Microsoft Office Project 2007**. The application of this program package for planning, organizing and realization of the meal preparation for Army personnel would considerably make the work easier for people executing this task, especially for immediate realizers – managers of military restaurants. After installing the program package and setting the basic information, names of the courses are entered, and the program appoints the beginning and the end of activity (or we can do that ourselves).*

#### Grouping the courses in meals

*The courses – activities are grouped in order to be easy-to-survey. They can be grouped in one or more summary activities. In our example courses are grouped in meals: “Breakfast”, “Lunch” and “Dinner”. Grouping is done by activating the command **New Task** (new line appears, where we type the name of summary activity, for example “Breakfast”) and **Indent** (courses that we want to group are previously marked).*

#### Entering the resources

*Resources comprise people and equipment essential for fulfillment of the specific project tasks. In this case focus is on the two aspects of resources: their availability and their costs. Availability determines when specific resources can work on assignments and how much they can do, while costs refer to how much money will be needed for paying these resources. Besides that, **MS Project** supports two other types of special resources: material and costs. This example shows setting and entering into the project human and material resources with part of their costs. Entering the resources is done by choosing the option **Resource Sheet** from the menu **View**.*

#### Possibilities of practical application of designed project

*Possibilities of application of designed project are large and significant, and they depend on knowledge and adroitness of the user. The main purpose of the designed project is helping with the decision-making based on the shown facts which directly affect bringing these decisions. The program package **Microsoft Office Project 2007** is actually a support system for decision-making on all its levels.*



Indicators of achieved plan value

*Proper application of designed project eases the insight to all kinds of expenses which are inevitable in realization of planned activities. It is up to us to make these expenses economically justified.*

Visual report of achieved values

*This program offers a range of possibilities of displays which can be useful for monitoring the business, expenses and task realization. We can find them by activating the option **Report** in the basic menu, and then choosing the option **Reports** to open a dialog frame where we can choose some of the offered ways to show data visually.*

#### CONCLUSION

*This paper presents possibilities of using the program realisation of feeding process of the Army personnel with simulation of planning the daily menus as a concrete example. It presents the way of planning the menus and adding the human and material resources to each of planned courses. This program package also provides a range of other possibilities to users, which can produce savings in different fields and secure increase of work efficiency.*

Key words: *Microsoft Office Project 2007, program, planning, management, resources, feeding, menu.*

Datum prijema članka: 24. 11. 2008.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 20. 11. 2009.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 22. 11. 2009.

# MENADŽMENT U PROCESU SNABDEVANJA U VOJNOJ ORGANIZACIJI PRIMENOM LOGISTIČKOG KONTROLINGA

Pešić J. *Predrag*, Komanda V i PVO, 98. avijacijska baza, 161. bataljon za obezbeđenje aerodroma, Niš

UDC: 005.22:355.41

## Sažetak:

*U radu je prikazan menadžment procesom lanca snabdevanja u hijerarhijskim organizacionim sistemima, kakav je sistem snabdevanja u vojnim organizacijama primenom logističkog kontrolinga. Predloženi način sastoji se od tri osnovna koraka: klasifikacija materijala pomoću ABC-analize, određivanje karakterističnih brojeva kontrolinga zaliha i planiranje po-pune na osnovu ovih brojeva. Razrađen je i celokupan proces lanca snabdevanja u vojnoj organizaciji primenom logističkog kontrolinga.*

*Ključne reči: vojna organizacija, sistem snabdevanja i logistički kontroling.*

## Uvod

Efikasno funkcionisanje sistema snabdevanja<sup>1</sup> ima izuzetan značaj za realizaciju većine funkcija vojne organizacije u miru, a posebno u ratu. Efikasnost funkcionisanja predmetnog sistema zavisi, pored ostalog, i od kvaliteta upravljanja, kojim se ostvaruju različiti ciljevi sistema. Upravljanje hijerarhijskim sistemima, kakav je i sistem snabdevanja u vojnoj organizaciji, mora da obezbedi efikasno ostvarivanje definisane misije, ciljeva i strategije organizacije. Jedan od osnovnih ciljeva jeste da se racionalnim planiranjem, organizacijom i realizacijom procesa lanca snabdevanja<sup>2</sup> obezbedi realizacija ostalih ciljeva i zadataka vojne organizacije u svim uslovima, uz minimum troškova i utroška resursa.

<sup>1</sup> Sistem snabdevanja je skup ljudi i različitih sredstava i opreme međusobno organizovanih tako da vrše analizu informacija o potrebama potrošača, planiranje, nabavku, prijem, čuvanje i isporuku po zahtevu potrošača potrebnih sredstava [1].

<sup>2</sup> Proces lanca snabdevanja je procesni lanac toka materijala i informacija od dobavljača do korisnika. Predstavlja skup aktivnosti koji koristi jednu ili više vrsta inputa i stvara output koji ima vrednost za korisnika. Rezultati procesa lanca snabdevanja određene su performanse sistema snabdevanja [2].

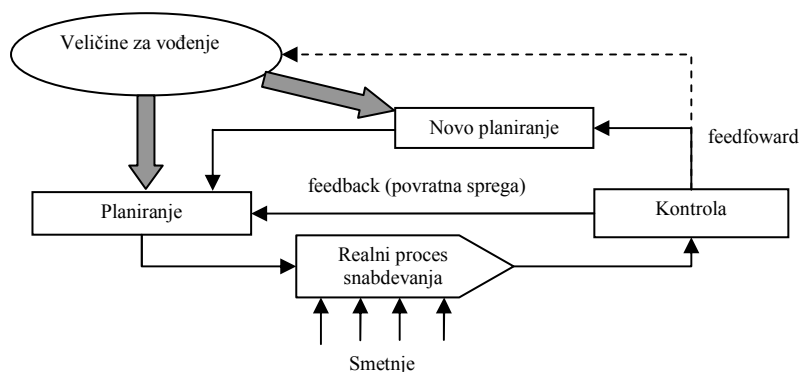
Zadatak sistema snabdevanja je da na ekonomičan, bezbedan i efikasan način planira, oblikuje, upravlja i kontroliše tokove materija i pratećih informacija u vojsci i u odnosu na okruženje. Da bi se ovaj sistem održavao i dovodio u željeno stanje, potrebno je stalno ulaganje u njega: znanja, energije, materijalnih i finansijskih sredstava, odnosno, neophodno ga je stalno dograđivati i razvijati. Njegov značaj nameće potrebu da se objasne pojam i najznačajniji postupci u procesu njegovog poboljšanja i definiše odgovarajući model upravljanja.

U radu je opisan logistički kontroling (pojam, zadaci i ciljevi), zatim je pomoću dijagrama procesa i modela: Supplier – Input – Process – Output – Customer (Soldeir), odnosno isporučilac – ulaz – proces – izlaz – kupac (vojnik) (SIPOC model), objašnjen proces lanca snabdevanja i na kraju je definisan model upravljanja zalihama primenom logističkog kontrolinga.

## Logistički kontroling

Pojam kontrolinga u logistici treba razumeti kao polaznu tačku menadžmenta kružne (povratne) regulacije upravljanja pojedinačnih procesa, logističkih procesnih lanaca i lanaca snabdevanja<sup>3</sup> uz pomoć planiranja i kontrole [2].

Uprkos značajnim razlikama u pojmovima kontrolinga koji se javljaju u literaturi, karakter upravljanja kontrolingom izveden je i označen uglavnom od porekla reči „to control“ (upravljati). Kontroling se shvata kao instrument upravljanja rukovodstva, koji upravlja koordinacijom učesnika u radu postojeće organizacije, preko sistema planiranja i kontrole, kao i sa tim povezanog sistema informisanja o obezbeđenju nesmetanog rada. Naravno da iz ovoga proizilaze različite kontroling-šeme. Ova pretpostavka može se konkretizovati uz pomoć regulacionog kola (slika1).



Slika 1 – Model regulacionog kola u primeni kontrolinga

<sup>3</sup> Lanac snabdevanja u vojnoj organizaciji je složen organizacijsko-tehnološki hijerarhijski sistem koji obezbeđuje da se usklađenim odnosom, organizacijom i resursima realizuje proces snabdevanja vojske u miru i ratu.

Regulaciono kolo sastoji se od sledećih elemenata:

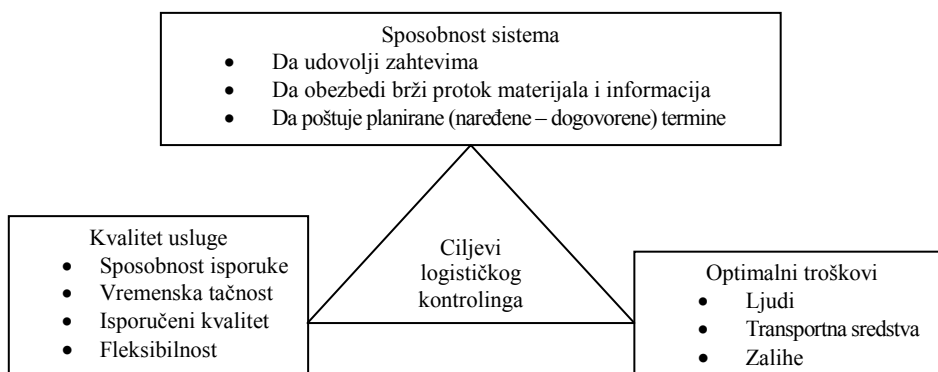
- veličine koje se prate unapred su zadate, predstavljaju polaznu tačku upravljanja sistemom i u osnovi su to podaci cilja za realne procese,
- planiranje, pretpostavlja obradu konkretnih podataka (cilja i mera koje se preduzimaju). Ovde se utvrđuje u kom obimu i kako se najbolje može realizovati praćenje ulaznih veličina.
- realni procesi snabdevanja sa smetnjama treba da se izvedu na bazi podataka planiranja. Tu redovno nastaju smetnje, odnosno neplanirani razvoj događaja, tako da je planirano i stvarno stanje samo u izuzetnim slučajevima identično.
- kontrola, shodno strukturi planiranja, izvodi se upoređenjem potrebne (Soll) i stvarne (Ist) vrednosti na osnovu čega se utvrđuju neophodne konsekvence. Sve dok planirani ciljevi nisu ugroženi, planirani proces se nastavlja neophodnim podešavanjem, povratnim delovanjem (Feedback-kontrola),
- novo planiranje ili promena plana. Upoređenje potrebnog i stvarnog stanja mora se shvatiti i kao neophodna revizija planiranja, pa se čak ispituju i veličine koje se prate i ponekad uvode u novo planiranje ili reviziju (Feedforward-kontrola).

Vojni sistemi ne bi smeli da funkcionišu na vatrogasnom principu: čekaju da izbije „požar“ pa da reaguju na bazi povratne sprege. Zato se u toku odvijanja procesa, odnosno obavljanja zadataka, neprekidno sprovodi tekuća ili procesna kontrola. Ona omogućava kontrolu uslova u kojima se odvija proces, merenje rezultata, njihovo poređenje sa normama, uočavanje odstupanja i preduzimanje korektivne akcije. Procesna kontrola omogućava uočavanje devijacija i njihovo otklanjanje pre nego što se devijacije nagomilaju i značajnije utiču na odvijanje procesa.

Kontroling u logistici ima sledeće zadatke:

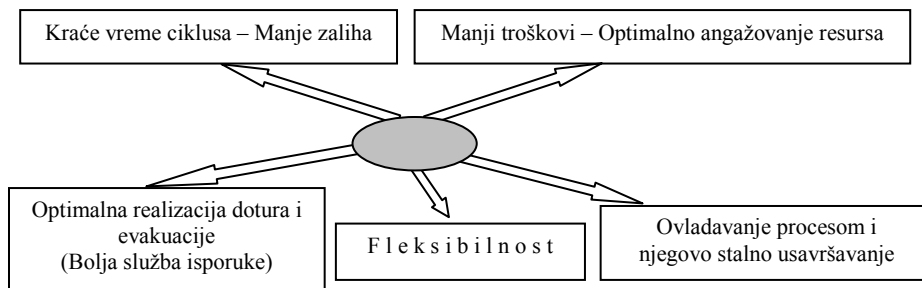
1. Osigurava upravljanje orijentisano prema cilju i planu u nepoznatom i kompleksnom okruženju, time što izvodi tekuće prilagođene odluke upoređivanjem potrebnih i stvarnih vrednosti.
2. Mora da obezbedi informacije sistemima planiranja i kontrole.
3. Pomaže pri odlučivanju putem primene pogodnih metoda planiranja, kao i putem usaglašavanja planiranja između različitih oblasti.
4. Služi ponašanju upravljanja preko svesno oblikovane selektivnosti informacija planiranja i kontrole. Značaj tema u planiranju i kontroli usmerava pažnju u realizaciji. Takođe, treba istaći značaj gustine planiranja. Pri planiranju se posmatraju samo izabrani aspekti upravljanog sistema, čime se menadžment-pažnja usmerava na održanje veličina koje su procenjene kao važne. Na taj način se sa jedne strane pojednostavljuje situacija rada i njome ovladava, a sa druge strane postoji opasnost da relevantni faktori iz planiranja ostanu izvan posmatranja i time rizikuje pogrešno upravljanje u ispunjavanju zadataka.

Osnovni cilj logističkog kontrolinga je da postigne optimalnu usklađenost kadrova, tehnike, upravljanja i informacija (slika 2).



Slika 2 – Glavni ciljevi logističkog kontrolinga

Logistički kontroling mora da predvidi i rešava određene konflikte koji se javljaju u realizaciji postavljenih ciljeva (slika 3).



Slika 3 – Ciljni konflikti logističkog kontrolinga

Fleksibilnost je sposobnost logističkih procesa da reaguju na nepredviđene promene okruženja (novoj klimi) i da procesne lance prilagode novim šansama i rizicima i trajno ih optimizuju [2].

Logistički kontroling ima tri nivoa:

1. Kontroling pojedinačnih (delova) procesa (kontroling plana potreba, skladištenja, komisioniranja, distribucije).

2. Kontroling procesnog lanca. Shodno zadatku logistike da obezbedi neophodnu koordinaciju između funkcionalnih nosioca zadataka i da poslovne procese organizacije formira orijentacijom na tokove, dobija se drugi nivo logističkog kontrolinga, gde su u žiži interesovanja efektivnost i uspešnost celog procesnog lanca.

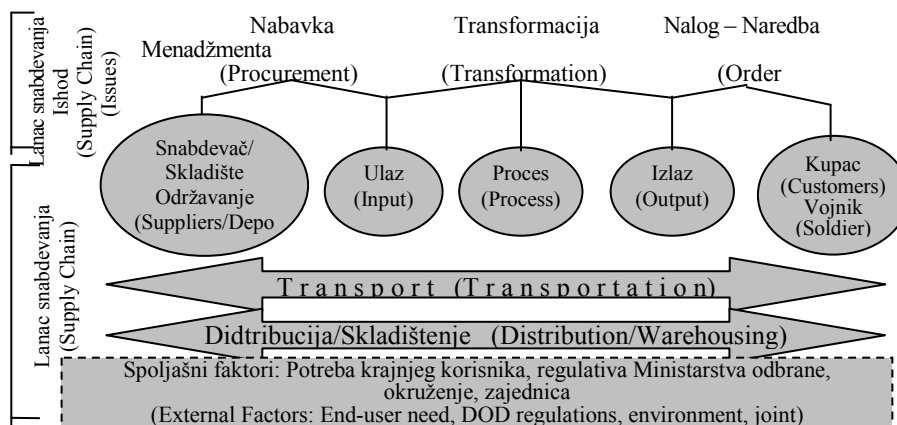
3. Supply-Chain-Controlling.

U Supply Chainu, odnosno Supply-mreži, nastaju dodatni zadaci controlling time, da se procesnim lancima mora upravljati i izvan granica odgovornosti jedne organizacije (interno i eksterno).

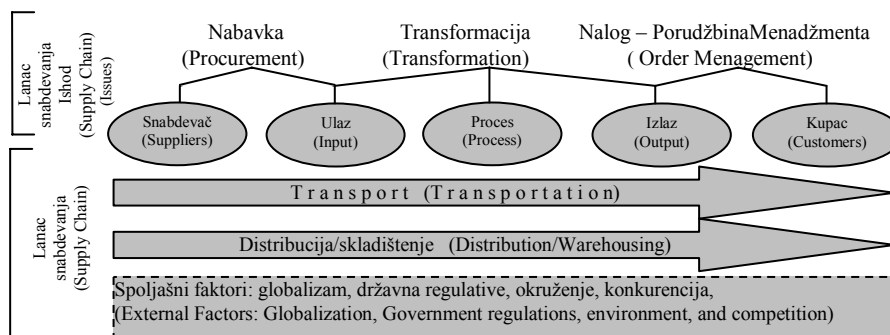
U vojnim organizacionim sistemima poseban značaj imaju: kontro-ling učinka (sposobnosti) logistike, kontroling logističkih troškova, kontro-ling fleksibilnosti i kontroling zaliha i vremena trajanja ciklusa.

## Sistem snabdevanja u vojnoj organizaciji

Sistem snabdevanja u vojnoj organizaciji jeste organizacioni sistem koji ima svoju štabno-linijsku strukturu koja je u tesnoj vezi sa funkcijama koje realizuje. Prikupljanje i obrada informacija i upravljanje vrši se preko stručnih organa – štabski, dok se tokovi materijala obavljaju preko skladišta – linijski. Osnovna karakteristika procesa lanca snabdevanja u vojnoj organizaciji je u tome što on predstavlja „dvosmernu ulicu“ (slika 4), dok je proces lanca snabdevanja u civilnim organizacijama „jednosmerna ulica“ (slika 5) [3].



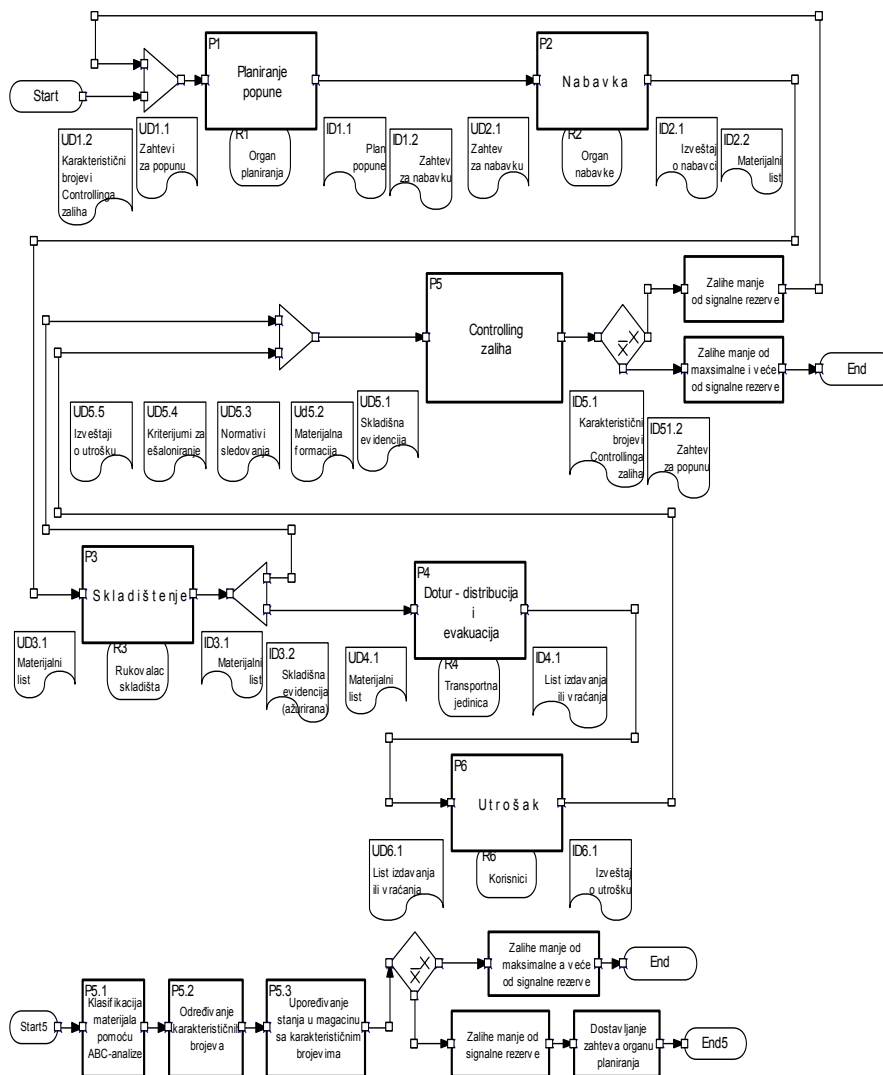
Slika 4 – Proces lanca snabdevanja u vojnoj organizaciji



Slika 5 – Proces lanca snabdevanja u civilnim organizacijama

U vojnim organizacijama ne postoji organizacioni sistem (kakav je i sistem snabdevanja) koji može da funkcioniše bez svog komandno-rukovodećeg podsistema. Komandno-rukovodeći sistem je „mozak“ organizacionog sistema. On izdaje komande i uputstva za željeno ponašanje sistema i obezbeđuje ostvarenje planiranih ciljeva.

Ključni poslovni procesi u MEGA procesu sistema snabdevanja u vojnoj organizaciji (slika 6) jesu oni procesi (uglavnom orijentisani prema krajnjem korisniku) koji direktno ispunjavaju misiju i viziju sistema snabdevanja.



Slika 6 – Dijagram procesa lanca snabdevanja primenom logističkog kontrolinga

Procesi se mogu opisati prema SIPOC modelu (Supplier – Input – Process – Output – Customer (Soldeir), odnosno isporučilac – ulaz – proces – izlaz – kupac (vojnici) (slika 7).

Krajnji korisnik u vojnoj organizaciji može biti vojnik na frontu, mehaničar u radionici ili komandant koji donosi odluku o upotrebi snaga i sredstava.

		O vojnoj organizaciji	
Komanda			
Sektor/Odeljenje		Uprava za logistiku vojne organizacije	
Rukovodilac		Načelnik Uprave za logistiku vojne organizacije	
Telefon		e-mail	
Lider tima		Rukovodilac tima za poboljšanje procesa lanca snabdevanja – top menadžer	
Telefon		e-mail	
Dodatne informacije			
		SIPOC model procesa	
Naziv procesa		Poboljšani proces lanca snabdevanja	Oznaka procesa
Vlasnik		Glavnomandujući starešina vojne organizacije	
Sponzor		Pomoćnik Glavnomandujućeg starešine za logističku podršku	
S	Isporučilac	<i>Dostavljači materijala</i> iz zemlje i inostranstva, vojna skladišta višeg i nižeg nivoa <i>Pokretač procesa:</i> Linijski rukovodioci u procesu lanca snabdevanja	
I	Ulaz	<i>Ulazna dokumenta (UD) su:</i> Materijalna formacija, Normativi sledovanja, Kriterijumi za ešaloniranje, Izveštaji o utrošku i Zahtevi za popunu sačinjeni na osnovu logističkog KontrolingKontrolinga <i>Proizvodi na ulazu su:</i> Materijal za potrebe Vojske <i>Informacije na ulazu su:</i> izveštaji o stanju materijala u skladištu i izveštaji o utrošku.	
P	Proces	<p><i>Šta proces radi?</i> – Vršiti snabdevanje Komandi i jedinica Vojske sa potrebnim materijalom</p> <p><i>Ko je sponzor procesa?</i> – Pomoćnik Glavnomandujućeg starešine za logističku podršku</p> <p><i>Ko je vlasnik procesa?</i> – Glavnomandujući starešina</p> <p><i>Gde počinje proces?</i> – Izradom zahteva za popunu (na osnovu logističkog KontrolingKontrolinga)</p> <p><i>Gde se završava proces?</i> – Utroškom materijala</p> <p><i>Koje resurse koristi proces?</i> - Osoblje, računare, raznu opremu, itd.</p> <p><i>Koji su najznačajniji parametri procesa?</i> – efektivnost, efikasnost i bezbednost procesa lanca snabdevanja jer se time Vojsci stvaraju potrebni materijalni uslovi za realizaciju namenskih zadataka.</p> <p>1. <i>Zašto sam izabrao ovaj proces za ispitivanje?</i> Jer je jedan od bitnih procesa za funkcionisanje vojne organizacije</p> <p>2. <i>Koliko dobro proces funkcioniše?</i> Solidno – zadovoljavajuće</p> <p>3. <i>Šta čujete od Vaših kupaca – korisnika?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Šta im je potrebno, a ne dobijaju?</li> <li>• Šta dobijaju, a nije im potrebno?</li> </ul> <p>4. <i>Koje podatke možete da im pokažete o ovom procesu?</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Škart? Ne; Greške? Da, ponekad; Dorada? Da Kvarovi? Da, ponekad</li> <li>• Ciklusna vremena? Određen odgovarajućim dokumentima</li> </ul> <p><i>Prosek i opseg varijacija.</i> Da li je pod kontrolom ili ne? Da</p>	



<b>O</b>	Izlaz	Šta je izlaz iz procesa? Stanje zaliha materijala u odnosu na karakteristične brojeve KontrolingKontrolinga zaliha; Dokumenti (ID): Izveštaji o utrošku; Karakteristični brojevi KontrolingKontrolinga zaliha Zahtevi za popunu
<b>C</b>	Kupac (Korisnik)	Koji ljudi i organizacije koriste izlaze (materijal i usluge) Vaše organizacije? Svi pripadnici vojne organizacije – korisnici materijala. Kome obezbeđujete izlaze? Svima korisnicima Da li pravite razliku između Vaših kupaca – korisnika? NE, ali prioritet snabdevanja određuje nadležni starešina.
	Kritični resursi	Ljudi: Pripadnici Vojske na dužnostima u upravnim i izvršnim organima sistema snabdevanja. Nema nezamenljivih. Oprema i mašine: Računari, Sredstva unutrašnjeg i spoljašnjeg transporta i dr.
	Povratna veza	Postoji sa svim procesima koji su vezani za utrošak materijalnih sredstava u Vojsci a posebno sa ostalim procesima logističke podrške.
	Parametri procesa	Prati se više parametara, posebno procenat realizacije zahteva korisnika po vrstama i značajnosti i ocene koje daju nadležne starešine prilikom procesa kontrole i ocenjivanja operativne sposobnosti komandi i jedinica.
	Uticaj drugih procesa	Na Proces snabdevanja utiču svi procesi u Vojsci koji su vezani za utrošak materijalnih sredstava a posebno ostali procesi logističke podrške.

Slika 7 – SIPOC model procesa lanca snabdevanja primenom logističkog KontrolingKontrolinga

Lanac snabdevanja nastoji da u relativnom okruženju sa raspoloživim resursima ostvari svoju misiju, viziju i ciljeve. Njegova strategija predstavlja način na koji organizacija usklađuje zahteve okruženja sa svojim resursima, da bi ostvarila svoju misiju, viziju i ciljeve. Dominantan redosled uticaja je sledeći: od misije, vizije i ciljeva preko strategije i strukture, do funkcionisanja organizacije, ali između njih postoje i povratne, posredne i neposredne veze i uticaji.

Da bi se obezbedilo zadovoljavajuće upravljanje procesom lanca snabdevanja nužno je da se poštuju pravila definisana sistemom kvaliteta. Proces kvaliteta lanca snabdevanja (po trilogiji Joseph M. Juran-a) ima tri aspekta: planiranje, kontrola i poboljšanje procesa lanca snabdevanja [2]. U vojnom sistemu snabdevanja, kvalitet se može definisati i kao mera uspešnosti menadžmenta lancem snabdevanja da, efektivno i efikasno u svim uslovima determinističkih i stohastičkih okolnosti koji ga okružuju, izvrši namenski zadatak [4]. Ova činjenica opravdava resurse, snage i sredstva koja se ulažu u istraživanje, razvoj i dogradnju sistema menadžmenta lancem snabdevanja, a podseća na filozofsku odrednicu da kvalitet mora da prednjači u razvoju sistema, usmerava ga, verifikuje po etapama i fazama i u celini opredeljuje konačan stav o idejnoj zamisli o konceptu razvoja sistema.

## Upravljanje zalihama primenom logističkog kontrolinga

Zaliha materijala je veličina koja uslovljava druge logističke ciljeve, a visina zaliha ima direktan uticaj na troškove zaliha i skladištenja. Redukcija zaliha, naprotiv, može voditi redukciji sposobnosti isporuke, redukciji raspoloživosti materijala, a samim tim i povećanju vremena isporuke. Nepredviđene oscilacije u isporuci imaju za posledicu slabljenja (pogoršanja) poverenja kod potrošača i direktno utiču na operativnu sposobnost komandi i jedinica. Sposobnost reagovanja u procesnim lancima i lancima snabdevanja ima upravo za cilj brzo prilagođavanje bez formiranja nepotrebnih zaliha.

Prema razmatranjima Bergama (1996) i Zijama (1996) problem upravljanja u višenivojskim skladištima obuhvata sledeće potprobleme: upravljanje zalihama, raspoređivanje materijala u skladištu, određivanje lokacija skladišta i kontrolu skladišnih operacija [5].

Upravljanje zalihama predstavlja gotovo najvažniji problem upravljanja u višenivojskom skladištu, a obuhvata određivanje asortimana i količine naručivanja i određivanje investicije u njima. Poslednjih godina u svim organizacionim sistemima potencira se upravljanje zalihama, a posebno u vojnim organizacijama, jer raspolažu velikim količinama uskladištenog materijala. Za to postoje dva razloga:

- zahtev za visoku operativnu sposobnost koja zahteva visoku raspoloživost i pouzdanost sredstava ratne tehnike i
- optimalno angažovanje raspoloživih resursa.

Modeli upravljanja zalihama predstavljaju strukturu pravila ponašanja zaliha u sistemu skladištenja. Oni služe kao osnov za politiku upravljanja zalihama, odnosno za proceduru aplikacije odabranog metoda upravljanja [1]. Pravila na osnovu kojih se donose odluke o upravljanju zalihama zovu se metodi za upravljanje zalihama. Metod upravljanja zalihama je optimalan kada uz minimalne troškove obezbeđuje efektivno i efikasno snabdevanje potrošača potrebnim materijalom.

Pri svakom toku materijala realizuju se određeni postupci i aktivnosti za čije izvršenje su potrebne informacije, koje generišu nove informacije, a dolazi i do promene stanja materijala u posmatranom podsistemu snabdevanja. U zavisnosti od novonastalog stanja materijala potrebno je doneti odluku o preduzimanju određenih upravljačkih akcija, radi postizanja željenog stanja materijala.

Upravljanje zalihama postiže se odlukama o naručivanju, odnosno utvrđivanju trenutka i obima narudžbe, te njihove raspodele po potrošačima (ili nižim nivoima snabdevanja). Predmetne odluke se donose na osnovu raspoloživih informacija o sledećim stanjima:

- potražnji u narednom vremenskom periodu,
- raspoloživom nivou zaliha u trenutku naručivanja i
- naručenim, ali još neisporučenim količinama.

Potražnja materijala je najznačajniji parametar u problematici upravljanja zalihama. S obzirom na uslove u kojima se razmatra, potražnja može biti:

- deterministička ili stohastička,
- stacionirana ili nestacionirana,
- kontinualna ili diskretna i
- zadovoljena ili nezadovoljena.

U vojnim sistemima, potražnja materijala je uglavnom stohastička i nestacionirana, a za njenu analizu nije od velike važnosti da li je ona diskretna ili kontinualna, ali je bitno da li je ona zadovoljena ili nezadovoljena.

Za analizu i upravljanje pojedinačnih materijala u profitabilnim organizacijama primenjuju se karakteristični brojevi: prosečna zaliha, donja granica zaliha (Bodensatz), sigurnosna zaliha, vremensko trajanje (domet) zaliha i skladišni obrt [6].

U vojnim organizacijama za istu svrhu koristili bi se sledeći karakteristični brojevi:

- Minimalna rezerva (donja granica zaliha) ili prag zaliha. Ona predstavlja visinu zaliha ispod koje ni u jednom trenutku ne sme da se ide. Ovaj broj daje podatak važan za redukciju zaliha.

- Signalna rezerva (zaliha). Ona služi da se osigura raspoloživost materijala uprkos odstupanjima od upotrebe koja je prognozirana ili planirana. Kada količina zaliha dostigne nivo signalne rezerve, onda se preduzimaju mere za popunu. Pravilno dimenzionisanje signalnih zaliha predstavlja često težak optimizacioni problem.

- Maksimalna rezerva (zaliha). Predstavlja visinu zaliha iznad koje ne bi trebalo da se ide, zbog ekonomičnosti držanja zaliha.

Za materijal od izuzetne važnosti za operativnu sposobnost može se odrediti i tzv. „neprikosovena rezerva“ i ona predstavlja količinu zaliha koja se sme trošiti isključivo po odobrenju komandanta – starešine odgovarajućeg nivoa komandovanja.

Karakteristične brojeve u vojnim organizacijama, zavisno od vrste – grupe materijala određuju taktički ili tehnički nosioci.

Signalna zaliha predstavlja nivo zaliha u trenutku naručivanja – pokretanje nabavke, a određena je donjom granicom zaliha, vremenskim ciklusom nabavke (vreme od pokretanja do realizacije nabavke) i prosečnim utroškom (potražnja u jedinici vremena).

Predpostavimo da je ciklus (vreme) nabavke:

$$\lambda = t_2 - t_1, \quad (1)$$

a prosečni utrošak

$$\mu = Q/T \quad [\text{jedinica mere/jedinica vremena}], \quad (2)$$

gde je:

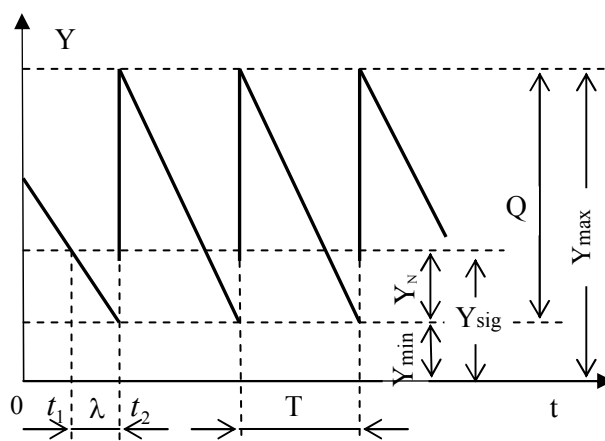
Q – količina naručivanja i

T – ciklus naručivanja (vremenski period između dve narudžbine).

Onda bi u slučaju da je vreme nabavke deterministička veličina, pokretanje nabavke trebalo izvršiti u trenutku kada nivo zaliha padne na veličinu:

$$Y_N = \mu \cdot \lambda \quad [\text{jedinica mere}] \quad (3)$$

U težnji da se u potpunosti zadovolje potrošači i imajući u vidu da vreme nabavke nije deterministička već stohastička veličina kao i „interval strpljivosti“ sredstava, treba primeniti modele u kojima se uvodi signalna rezerva – zaliha ( $Y_{sig}$ ) što je i suština upravljanja zalihama primenom logističkog kontrolinga. Interval strpljivosti sredstava definiše se kao vreme koliko sredstvo može da bude van upotrebe, a da ne nastupe štetne posledice po sredstvo ili po operativnu sposobnost jedinice. Veličinom intervala strpljivosti obuhvata se značaj predmetnog sredstva za operativnu sposobnost jedinice. Uprošćeni model upravljanja zalihama sa signalnom rezervom prikazan je na slici 8.



Slika 8 – Model upravljanja zalihama sa signalnom rezervom

Nivo zaliha kada se pokreće proces nabavke (signalna zaliha) dobija se iz izraza:

$$Y_{sig} = Y_{min} + \mu \cdot \lambda \quad [\text{jedinica mere}]. \quad (4)$$

Pre nego što se odredi model upravljanja, neophodno je da se izvrši klasifikacija materijala. Najpogodnije je da se klasifikacija izvrši primenom ABC analize u sklopu kontrolinga, zaliha i vremena trajanja ciklusa. Aktivnosti kontrolinga zaliha i vremena trajanja ciklusa prikazane su na slici 6.

Kontrolingom zaliha, uz pomoć ABC-analize materijal se sortira (svrstava) u tri klase A, B i C na osnovu godišnje upotrebe i značaja materijala. Materijali klase A sa visokom godišnjom upotrebom i najvećim značajem zahtevaju egzaktno upravljanje i za njih se obavezno propisuju količine zaliha (od-

ređuju navedeni karakteristični brojevi). Materijal klase B (srednje godišnje upotrebe i relativno manje važnosti) i C (male godišnje upotrebe i relativno male važnosti) zahtevaju odgovarajuće slabije upravljanje.

Ovo bi bio prvi korak u poboljšanju procesa lanca snabdevanja u vojnoj organizaciji. Sledeći korak bi bio primena Analize XYZ, koja je uglavnom nastavak ABC-analize. Analizom XYZ, kontroling zaliha, materijal diferencira prema ponašanju odstupanja i tačnosti prognoze. U klasu X se svrstavaju dobro prognozirani (procene–prognoze o njihovoj potrebi su u granicama tolerancije) materijali i oni se mogu planirati sa malom signalnom rezervom. AX materijal (velike godišnje upotrebe i dobro prognozirani) mogu se upravljati sa kraćim dometom, odnosno, u ekstremnim slučajevima potpuno bez zaliha, a to znači primenom strategije just-in-sequence [2].

## Zaključak

Složenost sistema snabdevanja u vojnoj organizaciji, heterogenost zahteva krajnjih korisnika, brojnost izvora snabdevanja, kao i veliki broj podataka koji se moraju pratiti o svakom materijalu, znatno komplikuju problem menadžmenta lancem snabdevanja. Jedan od načina prevazilaženja tog problema jeste upravljanje zalihama materijala primenom logističkog kontrolinga.

Dijagram procesa lanca snabdevanja, SIPOC model lanca snabdevanja i definisani model upravljanje zalihama sa signalnom rezervom dati u ovom radu, imali su za cilj da prikažu mogućnost primene savremenih pristupa Tehničke logistike u menadžmentu procesom lanca snabdevanja u vojnoj organizaciji. Da bi se donele odluke o preduzimanju upravljačkih akcija neophodno je definisati i opisati aktivnosti i postupke u okviru procesa lanca snabdevanja. Zato, su u dijagramu procesa i SIPOC modelu lanca snabdevanja dati: redosled realizacije procesa, njihove međusobne veze, ulazne informacije na osnovu kojih se procesi realizuju, resursi koji realizuju procese i izlazne informacije na kraju procesa.

Definisani model omogućava efikasno upravljanje zalihama materijala praćenjem promena visina zaliha pojedinačnih materijala, grupa materijala kao i ukupnih zaliha. Primenom navedenog modela postigla bi se bolja efikasnost i ekonomičnost sistema snabdevanja u vojnoj organizaciji.

Definisani model podložan je promenama i stalnom usavršavanju radi postizanja boljih performansi procesa lanca snabdevanja.

## Literatura

[1] Pantelić, V.: Snabdevanje tehničkim materijalnim sredstvima, CVVŠ KoV JNA, Zagreb, 1986.

[2] Jevtić, V.: Tehnička logistika (skripta predavanja), Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš, 2005.

[3] Anticipatory Logistis: The Army's Answer to Supply Chain Management: <http://www.almc.army.mol/alog/ossues/sepoct02/ms774.htm>

[4] Pešić, P.: Poboljšanje procesa lanca snabdevanja u vojnoj organizaciji, seminarski rad na magistarskim studijama iz predmeta „Planiranje i upravljanje kvalitetom“, Mašinski fakultet Niš, 2007.

[5] Galović, D.: Upravljanje zalihama rezervnih delova u uslovima neizvesnosti, Vojnotehnički glasnik br. 2/2002, str. 145, Beograd, ISSN: 0042–8469.

[6] Hess, G.: Taschenbuch der Logistik, Fachverlag Leipzig, 2004.

## MANAGEMENT OF THE MILITARY SUPPLY PROCESS BY THE IMPLEMENTATION OF LOGISTIC CONTROLLING

### Summary:

*This work presents management in the supply process in hierarchical organisations and its application to the military supply chain. The presented course of action is based on the logistic Controlling method and features three fundamental stages: ABC-analysis for the classification of materials; determination of the characteristic supply-Controlling numbers and material planning and resupply based on these numbers. A military supply chain process involving the logistic Controlling is presented in detail.*

### Introduction

*This works presents the management process of the supply chain in hierarchical organisational systems such as the supply system in military organisations that apply logistic Controlling. It begins with the description of the logistic Controlling followed by the explanation of the supply chain process using the SIPOC [“Supplier – Input – Process – Output – Customer (Soldier)”] model. And at the end, a model of stock management by applying logistic Controlling is explained.*

### Logistic Controlling

*The scope, tasks and objectives of logistic Controlling at work are examined by applying the model of the regulatory circuit. The tasks and objectives of the logistic Controlling in military systems are emphasized together with the importance of the process control which enables identification of any deviations and their correction in the system before they significantly affect the process.*

### Supply System in Military Organisation

*The work outlines the basic characteristics and specifications of the supply system in a military organisation, the role of its commanding and managing system, MEGA process diagram of the supply chain and a SIPOC model.*

*The process diagram of the supply chain gives the key work processes, the order of the process execution, their mutual links, input information upon which the processes are executed and also the process resources and the output information at the end.*

*In a SIPOC model the final user is referenced instead of the customer. The final user in a military organisation can be a soldier on the frontline, a mechanic at the workshop or a commander who makes decisions about the use of the military power or resources. The SIPOC model is made by the use of the logistic Controlling and it outlines all of the critical resources for the process execution, links with other processes, process parameters which are monitored during the execution and the influence of other processes on the execution of the supply process.*

*The necessity of conforming with the rules defined by the system of quality has also been emphasized. The supply system quality in a military organisation is defined as an extent to which the supply chain management executes the given task, effectively and efficiently in all stochastic and deterministic circumstances. The necessity of continuous upgrade of the supply chain management is outlined given that the quality must precede the system development, direct it and verify it by stages and because it determines, on the whole, the final attitude about the concept of system development.*

#### Resource Management and Application of the Logistic Controlling

*Resource management represents the biggest management problem in hierarchical supply systems. This statement is especially applicable to the military systems because these usually control various stocks in large quantities which is the reason why it is the focus of this work.*

*Firstly, the significance of the existing stock quantities is discussed as it influences other logistic objectives and the amount of available reserve stocks and resources is in direct relation with the expenses for their storage and maintenance. The reduction of reserve stocks can also cause the reduced ability to supply the stock, reduced availability of stock which also means that the delivery time would be increased. Any unpredicted variations in delivery of reserve stock could have as a consequence a deterioration in the trust of the final users and will negatively affect the operational ability of commanding structures and other units.*

*The resource management by using the logistic Controlling is shown in a process diagram and is described through three basic steps: material classification through ABC-analysis, determination of the characteristic numbers for resource Controlling and planning of re-supply based on these numbers. When determining characteristic numbers, attention was paid to the particularities of military supply systems and, as the most appropriate, a model of resource management with the signal reserve has been chosen.*

*At the end, as the next step in the improvement of the process of the supply chain in a military organisation, the application of the XYZ analysis has been described. It uses the resource Controlling to differentiate materials by the behaviour and deviations in the accuracy of the planned estimates.*

#### Conclusion

*The purpose of explaining the model of resource management with the signal reserve, the process diagram and the SIPOC model of the supply chain explained was to present the opportunity for applying modern approach of Technical logistic in the management of the supply chains in military organisations. The described model allows efficient management of resources and material stocks by monitoring the changes in resource levels for individual stocks, groups of materials and the overall reserves. By applying ABC and XYZ analysis with the logistic Controlling the AX class materials (large annual demands and with well planned expenditures) could be well managed at short notice, in extreme cases even without any stocks by applying the "just-in-sequence" strategy.*

*Key words: military organisation, supply systems, logistic Controlling.*

Datum prijema članka: 18. 02. 2009.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 05. 10. 2009.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 07. 10. 2009.



# DIGITALNI MODELI VISINA I NJIHOVA PRIMENA U VOJNOJ ANALIZI TERENA

Gigović J. *Ljubomir*, Vojna akademija, Katedra prirodno-matematičkih i tehničkih nauka, Beograd

UDC: 551.4.01:004.92  
623.6:004.92

## Sažetak:

*Predstavljanje terena i zemljišnih oblika uopšte na konvencionalni način klasičnim topografskim kartama bilo je mnogo teže nego predstavljanje ma kog drugog elementa kartografskog sadržaja. Pojavom GIS tehnologija stvoreni su povoljniji uslovi za kreiranje i predstavljanje prirodnog i prostornog izgleda reljefa. Digitalni model terena (DMT) predstavlja savremeni metod visinskog predstavljanja zemljišta i reljefnih oblika. Nastao je sa razvojem računarske tehnike i čini osnovu modernih geografskih informacionih sistema. Na osnovu DMT-a, kroz algoritamsku analizu morfometrijskih parametara reljefa, omogućen je kvalitativno nov način sagledavanja prostornih odnosa i reljefnih svojstava, što obezbeđuje kvalitetniju, višestruko bržu i racionalniju vojnu analizu terena.*

Ključne reči (regular): *digitalni model reljefa, GIS tehnologija, vojnogeografska analiza.*

## Uvod

**B**ez obzira na dostignuća u razvoju faktora oružane borbe, posebno materijalnog i informacionog, prostor je i dalje jedan od njenih osnovnih faktora. Raspolaganje sa potpunim, verodostojnim, jednostavnim za korišćenje i pravovremenim informacijama o geografskim pojavama i činiocima i njihovim uticajima, uslov su donošenja pravilnih odluka prilikom izvršavanja različitih zadataka u različitim situacijama. Dosadašnji pristup prostoru ograničavao se na više ili manje statične informacije, da bi razvojem i uvođenjem tehnologija geografskih informacionih sistema (GIS tehnologija) mnogi, uslovno, neprostorni podaci dobili prostorno značenje. Time je načinjen skokoviti prelaz na kvalitativno viši nivo prikupljanja, čuvanja, analize i prezentacije geografskih informacija.

Savremeni razvoj GIS tehnologije svoj odraz je našao i u vojnoj geografiji. To se, pre svega, odnosi na korišćenje hardverske tehnike i različitih GIS aplikacija radi izvođenja brzih, preciznijih i kompleksnijih vojnogeografskih analiza. Posebno veliki napredak učinjen je u digitalnom pre-

zentovanju topografske (reljefne) površine i grafičke vizuelizacije njenih morfometrijskih elemenata. Ranije su se skoro svi postupci geomorfometrijskih proračunavanja izvodili manuelno, uglavnom koristeći topografske karte određenog razmera. To je zahtevalo dosta vremena i napora, a preciznost i tačnost dobijenih rezultata bila je subjektivno određena. Sada kvantitativna analiza reljefa, kao važna osnova vojnogeografske procene geoprostora, na osnovu izrađenih digitalnih modela, omogućava znatno brže, kvalitetnije, kompleksnije i preciznije sagledavanje topografske površine. Kada se posmatra samo vizuelna strana digitalnog modela, njihova prednost jeste u tome da pružaju stvarni doživljaj prostora (vizuelizaciju). Naime, moguće je zumirati i proizvoljno rotirati posmatrani prostor, podešavati pozicije i objekte posmatranja, što omogućava potpuni uvid u situaciju na terenu za samo nekoliko sekundi, simulirati let aviona ili projektila i drugo. Međutim, stvarna namena digitalnog modela je izvođenje brojnih složenih morfometrijskih analiza u okruženju GIS-alata: automatskom izračunavanju površina, automatskom iscrtavanju uzdužnih i poprečnih profila, sagledavanju ekspozicije padina, izračunavanju nagiba reljefa, analizi konkavnih površina, analizi dogledanja i drugog. Prednosti navedenog načina analize je očigledna. Pre svega, prednost je u uštedi vremena, a takođe i u tačnosti dobijenih podataka.

## Digitalni model terena (DMT)

Osnovni i do sada najširi primenjivani vid prikaza terena u vojne svrhe je topografska karta. Ona predstavlja bogat izvor podataka o svojstvima reljefa neophodnim za kvantitativnu i kvalitativnu vojnogeografsku analizu. Topografska karta može se javiti u dva suštinski različita vida. Prvi, konvencionalni način predstavljanja terena obuhvata prikaz reljefa izohipsama i drugi, savremeniji prikaz terena, nastao sa razvojem računarske tehnike, jeste digitalni model terena (DMT). Sam digitalni model terena može se definisati kao matematička (statistička) predstava kontinualne površi terena na osnovu velikog broja izabranih tačaka sa poznatim  $x$ ,  $y$ , i  $z$  koordinatama, linija i drugih informacija prikupljenih na terenu [1]. To podrazumeva da se radi o „modelu“ terena u kojem je površ egzaktno matematički definisana i koji omogućava dobijanje vrednosti funkcionala površi u svim tačkama terena, a ne samo u tačkama u kojima su izvršena merenja. To se obično izvodi primenom neke od metoda interpolacije. Na ovako definisanom digitalnom modelu terena (DMT), korišćenjem standardnog GIS alata, moguće je izvoditi sve željene proračune: visina za datu poziciju u horizontalnom smislu, vrednost nagiba u zadatoj tački, pravac maksimalnog nagiba, krivina (zakrivljenost) površi u zadatoj tački, vizuelizacija modela terena, geostatistička analiza i drugo. Dakle, DMT predstavlja verno predstavljen matematički model površi terena koji

omogućava razne analize. Da bi se analize mogle efikasno izvoditi, imajući u vidu da se DMT sastoji od velike količine podataka, potrebna je posebna organizacija i struktura podataka. U suštini, sam proces formiranja DMT-a sastoji se iz izbora i implementacije odgovarajuće strukture i organizacije podataka i odgovarajuće metode interpolacije. Generalno, površ terena može se predstaviti na tri načina:

- izohipsama;
- volumetrijskim (zapreminskim) modelom i
- preko funkcija dve varijable.

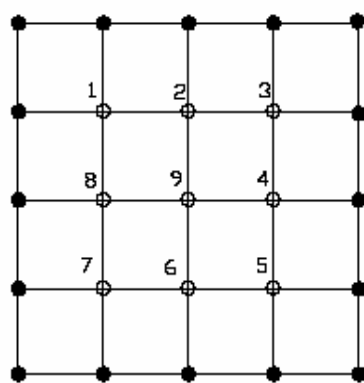
Predstavljanje terena izohipsama u digitalnom modelu, površ terena nije data eksplicitno, već je implicitno preko preseka te površi sa horizontalnim ravnima. Zato ovakav način modeliranja površi terena nije dovoljno egzaktno, jer takva struktura podataka ne omogućava egzaktno definisanje površi terena i procesiranje podataka.

Drugi način za predstavljanje površi terena jeste korišćenje volumetrijskog modela, gde se objekti prostora predstavljaju zapreminskim modelima. Jedan od tipičnih primera ovog načina realizuje se korišćenjem voksel (zapreminski element, najčešće kocke ili tetraedra) dovoljno malih dimenzija. U ovim modelima teren je predstavljen kao telo sastavljeno od skupa međusobno povezanih voksel. Treba reći da se volumetrijski modeli retko koriste za modeliranje površi terena i uglavnom su zastupljeni u medicini, geofizici i drugim sličnim disciplinama.

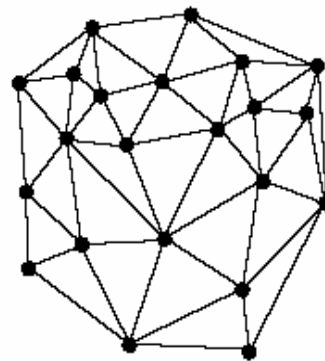
Treći i najčešći način predstavljanja površi terena u digitalnom obliku jeste korišćenje funkcije dve varijable. Najčešće su to funkcije kod kojih se za zadatak lokaciju (X i Y, ili geografsku koordinatu) dobija jednoznačna vrednost visine. U tom slučaju radi se o 2.5D (2D+1D) modelu. Modeli koji omogućavaju predstavljanje površi kod kojih se za jednu X,Y lokaciju može dobiti više visina nazivaju se 3D modeli. Kod ovih modela sve tri koordinate su potpuno ravnopravne. Funkcija kojom se modelira površina terena je, zbog izgleda same površi terena, vrlo složenog oblika. Zato se vrši deljenje površi terena na manje segmente, koje karakterišu funkcije jednostavnijeg oblika. Digitalni model terena se u tom slučaju sastoji od odgovarajuće podele reljefa na manje elemente i određivanje funkcija površi terena definisanih za te elemente. Proračun visine za neku tačku terena sastoji se u tome da se prvo odredi u koji element DMT pada tačka po svom položaju u XOY ravni, da se odrede parametri funkcije za taj element i da se sračuna visina korišćenjem zadatih parametara (koordinata) kao argumenata funkcije. Može se reći da se problem određivanja visina iz DMT, na ovaj način, svodi na problem interpolacije. Najpoznatiji i najrasprostanjeniji modeli terena su modeli površi terena zasnovani na gridnoj (rasterskoj) strukturi i digitalni modeli bazirani na TIN (Triangulated Irregular Network) strukturi podataka.

GRID (pravilna mreža) predstavlja najjednostavniji način i najčešće primenjivani način za predstavljanje površi terena. Predstavljanje terena

preko grida sastoji se u tome da se površ terena predstavi preko skupa tačaka sa poznatim visinama uređenim u pravilnu mrežu tačaka. Za razliku od običnog rasterskog formata, gde vrednost piksela prikazuje određenu boju, kod grida svaki piksel ima vrednost nadmorske visine. Prednosti ovakog načina predstavljanja terena jeste da se za manipulaciju DMT-om mogu koristiti jednostavne operacije i formati zapisa podataka koji se standardno primenjuju u oblasti GIS-a. Glavni nedostatak grida se ogleda u njegovoj neprilagođenosti za predstavljanje karakterističnih zemljišnih objekata zadovoljavajućom tačnošću. Naime, prelomne linije terena, vododelnice, vodoslivnice, vrhovi, dna i sitni zemljišni oblici ne mogu se na ovaj način dovoljno tačno modelovati. Zato optimalni izbor veličine elemenata grida (rastera) predstavlja važan faktor koji u velikoj meri utiče na kasniju obradu podataka i kvaliteta dobijenih podataka. S obzirom na razvoj performansi računarskih komponenti ovi nedostaci grid DMT modela su sve manje izraženi (slika 1a).



a) GRID



b) TIN

Slika 1 – Struktura GRID i TIN modela terena  
Figure 1– Structure of GRID and TIN terrain models

TIN pripada grupi nestruktuiranih mreža, i njihovo korišćenje za modeliranje DMT-a je veoma zastupljeno u brojnim GIS softverskim paketima. Kod ovog modeliranja površi terena čvorovi TIN-a su tačke trouglova sa poznatim visinama. Trouglovi TIN-a su međusobno povezani u kontinuitetu, tako da što bolje aproksimuju površ terena. Glavna prednost TIN strukture podataka, u odnosu na grid, jeste što se TIN vrlo lako prilagođava svim vrstama ulaznih podataka i raznim oblicima terena, dok osnovni nedostatak modeliranja TIN-a, s obzirom na nepravilnu strukturu podataka, jesu komplikovani algoritmi za obradu podataka (slika 1b).

## Izbor digitalnog modela reljefa

Vojnogeografska analiza geoprostora je veoma značajna delatnost komandi, štabova, komandanata i komandira i obuhvata kompleksnu analizu tri grupe vojnogeografskih činioca: matematičko-geografskih, fizičko-geografskih i društveno-geografskih. Svaki od navedenih činioca svoj uticaj ispoljava u geoprostoru kroz elemente koji čine sadržaj brojnih geografskih pojava i vrednosti. U vojnoj analizi terena na osnovu DMT-a značajno je usaglasiti vojne zahteve analize sa tačnošću generisanog DMT. Naime, morfometrijski parametri, izračunati na osnovu DMT-a, zavise od njegove rezolucije, veličine područja i kvaliteta. Tako, vojna analiza terena sa taktičkog nivoa, s obzirom na potrebnu tačnost i detaljnost podataka, zahtevaće DMT najviše rezolucije, dok će uslove vojnogeografske analize terena sa strategijskog ili operativnog nivoa komandovanja zadovoljiti DMT srednje, pa čak i niske rezolucije. Na osnovu toga izbor rezolucije DMT u direktnoj je vezi sa potrebama i hijerarhijom komandovanja.

Rezolucija pokazuje kolika je ravnomerna (prosečna) gustina visinskih tačaka koji čine model. Što je veća njihova gustina to je model precizniji i detaljniji. Danas se u svetu koriste modeli niske, srednje, visoke i veoma visoke rezolucije (tabela 1).

Tabela 1  
Table 1

Odnos rezolucije i horizontalnog rastojanja visinskih tačaka DMT  
Ratio of resolution and horizontal distances of altitude points of DMT

Rezolucija	Horizontalno rastojanje visinskih tačaka	
	u metrima	u lučnim sekundama
niska	900–90	30–3
srednja	90–30	3–1
visoka	30–10	1–0,3
veoma visoka	10–1	0,3–0,03

Modeli niske, srednje rezolucije, u izuzetnim slučajevima i visoke rezolucije, u poslednje vreme mogu se slobodno preuzeti sa različitim resursima na internetu, dok su modeli visoke i veoma visoke rezolucije komercijalni (često veoma skupi), dostupni samo određenim institucijama i za određene namene.

Treba napomenuti da izbor rezolucije treba da bude u korelaciji sa veličinom analiziranog prostora, jer je korišćenje modela visoke rezolucije za velika područja, sa tehničko-hardverske, analitičke, vizuelne i grafičke strane sasvim neopravdano. Odnos optimalne rezolucije i veličine područja sa prihvatljivim odstupanjima prikazan je u tabeli 2.

Osim veličine područja koje će se analizirati, važna je i njegova konfiguracija. Tako, za homogena ravničarska područja, dovoljna je manja rezolucija digitalnog modela, dok je, obrnuto, za raščlanjene terene neopodna veća gustina visinskih tačaka.

Tabela 2  
Table 2

Odnos veličine područja i optimalne rezolucije DMT-a  
Ratio of size and space optimal resolution of DMT

Veličina područja (km <sup>2</sup> )	Optimalna rezolucija DMT-a	
	u m	u lučnim sek.
1–5	3	0,1
5–50	3–6	0,1–0,2
50–100	6–15	0,2–0,5
100–500	15–30	0,5–1
500–1000	30	1
1000–10.000	30–90	1–3
10.000–100.000	90	3
> 100.000	900	30

Sledeća stvar je kvalitet digitalnog modela terena. On ukazuje na tačnost prezentovanih podataka, pokrivenost područja, odnosno postojanje praznih polja bez podataka, način interpolacije visinskih tačaka, korišćene projekcije i slično. Kvalitet modela zavisi, uglavnom, od načina kako je dobijen (laserskim snimanjem, radarskom tehnikom, stereorestitucijom, običnom digitalizacijom i drugo). Do pre nekoliko godina, za različite analize i uopšte procese vezane za vizuelno, geografsko i drugo procesiranje topografske površine korišćeni su digitalni modeli dobijeni digitalizacijom izohipsi sa topografskih karata. Razvijene i bogatije zemlje su u međuvremenu koristile veoma skupu tehnologiju laserskog, zatim GPS snimanja, avionskog, radarskog stereokodiranja i drugo. Inače, modeli dobijeni digitalizacijom izohipsi su relativno jeftin, ali nekvalitetan način formiranja DMT-a. Pre svega, u toku digitalizacije tretiraju se jedino tačke na samoj izohipsi, dok je prostor između njih nepokriven. Zato su tako generisani modeli „stepenasti“, sa naglim skokovima blizu izohipsama. Isto tako, postoje velike mogućnosti za subjektivne greške u procesu digitalizacije. Može se reći da je ovakav način kreiranja digitalnog modela još uvek dobar za mala područja, gde se može postići i veća rezolucija (korišćenjem karata i planova krupnijih od 1:25 000).

Danas se raspolaže različitim, manje ili više dostupnim, digitalnim modelima terena (DMT), koji se mogu svrsishodno upotrebiti u određenim vojnogeografskim analizama. Krajem prošlog veka na internetu je

postao dostupan globalni model kontinentalne Zemljine površine, nazvan GTOPO30, sa rezolucijom od 30" ili 900 m [9]. GTOPO30 (US Geological Survey 1997) globalni je DMR sa horizontalnom rezolucijom od 30x30 (~1x1km), koji pokriva celo područje Zemlje (širine od 90°S do 90°N i dužine od 180°W do 180°E). Ovaj model je razvijen za upotrebu na regionalnom i kontinentalnom nivou i može se iskoristiti na strategijskom nivou analize prostora ranga kontinenta ili cele Zemlje.

Slično navedenom, na internetu je dostupan Digital Terrain Elevation Data (DTED) Level 0, rezolucije 30x30 (~1x1 km), koji je razvila National Imagery and Mapping Agency (NIMA). Iako postoji više nivoa kvaliteta DTED podataka, DTED0 jedini je javno dostupan. Visine DTED0 određene su u odnosu na srednji nivo morske površine (Mean Sea Level – MSL) i datum WGS84. Ovaj digitalni model u višim nivoima tačnosti (level) ima najširu vojnu primenu u NATO. Naime, DTED1 predstavlja izvor podataka za sve vojne aktivnosti koje zahtevaju lučnu tačnost od oko 3" ili oko 100 m. Ove informacije sadrže otprilike ekvivalent tačnosti koji je zastupljen na karti razmere 1:250.000. DTED2 predstavlja kvalitetno viši nivo i osnovni izvor podataka u digitalnom obliku za sve vojne aktivnosti koje zahtevaju analizu reljefa, nagiba, nadmorske visine, hrapavosti terena i drugog. Ima najširu vojnu primenu i odlikuje se relativnom tačnošću od oko 1" ili oko 30 m, što je ekvivalent tačnosti karte razmere 1:50.000. Pored navedenih u opticaju su i nivoi DTED 3,4 i 5 koji su zastupljeniji u okviru detaljnijih analiza terena. Za distribuciju DTED ovlašćeno je Ministarstvo odbrane U. S i Vladina nacionalna agencija koja podražava rad MO u izradi digitalnih modela terena (NIMA).

Početak ovog veka, saradnjom više američkih agencija, izvedena je takozvana SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) misija. Tada je specijalna letelica za nekoliko dana sakupila radarske stereo-parove za skoro celu Zemljinu površinu. Procesiranjem tih stereo-parova, u periodu od 2000. do 2003. godine, izrađen je tačan i kvalitetan digitalni model reljefa visoke rezolucije (30 m), ali je, radi zaštite nacionalnog interesa SAD, rezolucija smanjena na 90 m i u njoj su ovi modeli slobodno plasirani na internetu. Dosadašnja iskustva i eksperimentalne provjere pokazale su da za analizu teritorije veće od 100 km<sup>2</sup>, SRTM3 model pruža mogućnosti dobre kvalitetne analize topografske površine. Originalni podaci mogu se preuzeti sa NASA-inog FTP servera (koristiti verziju 2, jer se radi o filtriranim visinama) u specijalnom. hgt (height) formatu [10]. Svaki fajl sadrži podatke za površinu od 1° geografske širine i 1° geografske dužine, što za balkansko područje odgovara pravougaoniku širine 111x80 km. Geografska lokacija predstavljenog prostora sadržana je u nazivu fajla: na primer, N42E019.hgt, što znači da ovaj fajl pokriva površinu od 42° do 43° severne hemisfere i od 19° do 20° istočne geografske dužine. Tako, za skoro celu teritoriju Srbije potrebno je preuzeti 15 fajlo-

va: od N42E19 do N45E21. Svi fajlovi su u normalnoj geografskoj projekciji sa geodetskim datumom WGS84. Inače, SRTM DMR može se nabaviti i u tri puta boljoj rezoluciji od oko 30 m, ali samo za određena područja. Od januara 2008. godine, 60-metarski DEM cele EU (uključuje Srbiju, Hrvatsku i BiH) može se naručiti putem Eurogeographics [11].

Jasno je da su za potpunije i detaljnije vojne analize terena neophodni DMT vrlo visoke rezolucije. U tom smislu, Vojnogeografski institut (VGI), u skladu sa potrebama naše države za jednim ovakvim nacionalnim projektom, završio je proces generisanja NDMT, na osnovu topografske karte razmera 1:25.000. Nacionalni digitalni model (NDMT) kreiran je digitalizacijom postojećih karata TK25, koja je u tom trenutku, iz razumljivih razloga, bila jedino racionalno i realno rešenje [8]. Na taj način izrađena je kvalitetna digitalna osnova reljefa Srbije u vidu NDMT, položajne tačnosti oko 5 m i visinske oko 2 m, koja pruža znatne mogućnosti vojne analize terena u nekom od GIS softverskih okruženja.

## Metode vojne analize terena na osnovu izabranog DMT

Primena digitalnog modela terena (DMT), u vojnim analizama terena, dovela je do modifikacije metoda klasičnih vojnogeografskih morfometrijskih merenja zasnovanim na klasičnim topografskim kartografskim izvorima. Savremene GIS metode vojnih analiza terena zasnovane su prvenstveno na prostornim bazama podataka i obuhvataju čitav niz algoritama automatizovane analize terena. One se, pre svega, sprovode u cilju prikupljanju podataka iz oblasti obaveštajnog obezbeđenja ratišta [5]. Pri tome se koriste različite tehnologije prostorne analize, uključujući geografske informacijske sisteme (GIS), daljinsku detekciju i globalni pozicioni sistem (GPS). Zbog što realnije vizuelizacije analiziranog terena, najčešće se koristi metoda višekriterijumskih analiza [2], pri čemu se izdvajaju pojedini morfometrijski parametri terena, klasifikuju se s obzirom na uticaj na posmatranu pojavu, i završnom sintezom prikazuju u vidu tematskih karata. Najčešće korišćene vrednosti morfometrijskih obeležja u vojnim analizama terena odnose se na orografiju (vidljivost), nagib reljefa, ekspoziciju padina i vizuelizaciju. Navedeni parametri predstavljaju osnov vojne analize terena, te su svrstani u grupu primarnih činioca. Pored navedenih, kao dopunski parametri mogu se analizirati i složene morfološke karakteristike reljefa kao što su: dolinska mreža, prostorni raspored pojedinih konkavnih reljefnih oblika i drugo.

Relevantnost i tačnost analize morfometrijskih parametara, računatih na osnovu rasterskog DMT, zavisi od tačnosti i rezolucije samoga izvornog modela visina. U prikazu ovog rada korišćen je NDMT, GRID forma-

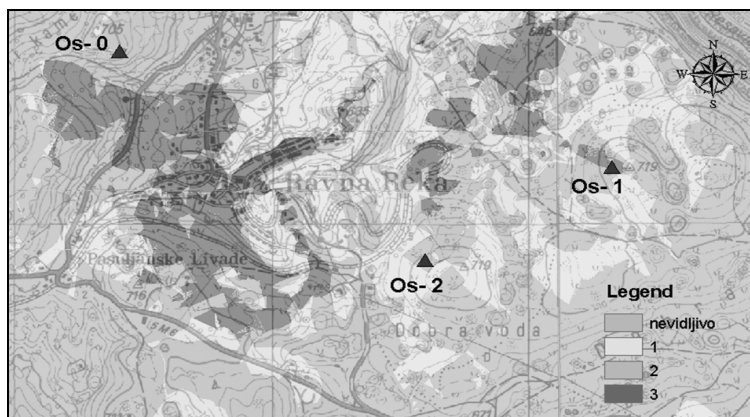


ta, generisan na osnovu izohipsa TK 25, ekvidistance 10 metara. Radi GIS analize upotrebljen je softver ArcGIS 9.2 sa ekstenzijom Military Analyst (slika 2).



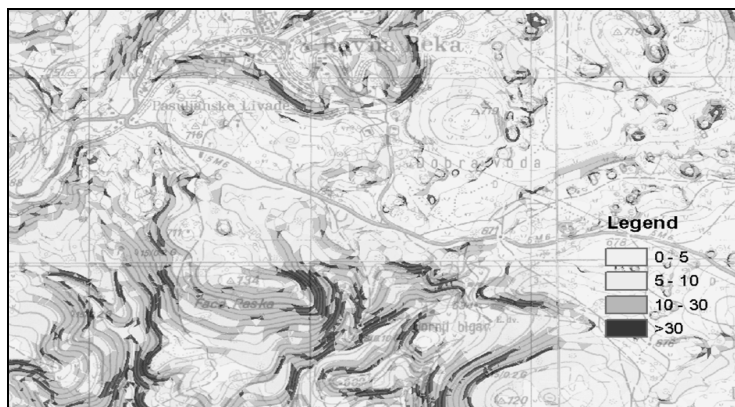
Slika 2 – Alat ekstenzije Military Analyst u okviru ArcGIS 9.2 softvera  
Figure 2– Military Analyst tool extensions in the software ArcGIS 9.2

Na slici 3 prikazana je metoda određivanja vidljivosti terena, na primeru tri moguće osmatračnice, kroz analizu optičke vidljivosti okolnog prostora i neposrednog dogledanja izabranih tačaka. Analiza vidljivosti izvedena je algoritmom Radial line of Sight ekstenzije Military Analyst ArcGIS programskog paketa. Kroz ovaj algoritam izračunat je novi rasterski GRID sloj čija vrednost pojedine ćelije definiše broj vrhova (potencijalnih osmatračnica) sa kojih je ta tačka (ćelija) vidljiva. Tako svaka ćelija može teorijski imati vrednost između 0 (tačka nije vidljiva ni sa jedne osmatračnice) i 3 (tačka je vidljiva sa svih osmatračnica). Na taj način, jasno su diferencirani delovi analiziranog terena u odnosu prema njihovim maskirnim mogućnostima i prikriivenom kretanju jedinica.



Slika 3 – Analiza vidljivosti terena na osnovu DMT (Arc Gis 9.2)  
Figure 3 – Visibility analysis based on the DTM (ArcGIS 9.2)

Analiza nagiba padina terena na osnovu visinskih podataka DMT, u vezi je sa određivanjem tenkoprohodnosti terena. Tenkoprohodnost je jedna od najznačajnijih funkcija koju uslovljava reljef terena. Pri sagledavanju tenkoprohodnosti mogu se izdvojiti određene varijante: do  $5^\circ$  nagiba zemljište je tenkoprohodno;  $5\text{--}10^\circ$  nagiba zemljište je ograničeno tenkoprohodno;  $10\text{--}30^\circ$  nagiba zemljište je jako ograničeno tenkoprohodno i preko  $30^\circ$  nagiba zemljište je tenkoneprohodno [7]. Na osnovu toga moguće je dati odgovore na sledeća pitanja: da li je analizirani teren tenkoprohodan i u kojoj varijanti; koje su tenkoprohodne zone i njihov značaj (pravac protezanja, prirodni otvori, suženja prevoji); koje su kotline i njihov značaj; koji su zaravnjeni delovi i njihov značaj, i drugo. Računanje nagiba definisano je maksimalnom komparacijom vrednosti visina između središnje ćelije i okružujućih susednih ćelija. Iako postoji veći broj algoritama za određivanje nagiba padina, većina ih je bazirana na izračunavanju derivacija prvog reda vrednosti unutar kvadrata  $3\times 3$ . Ova metoda uključena je u slope ArcGis algoritam računanja nagiba padina i prikazana je na slici 4.

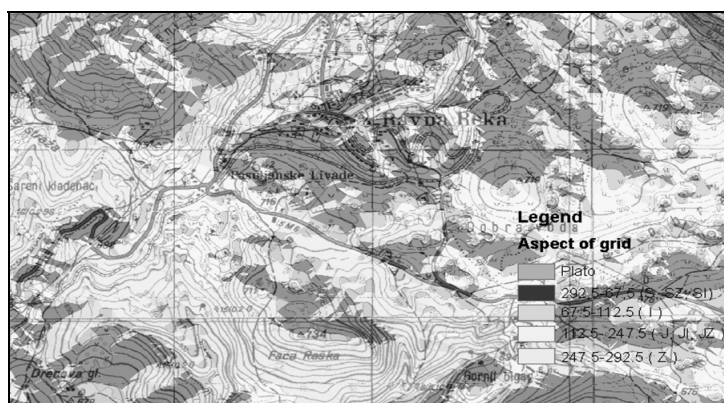


Slika 4 – Analiza nagiba padina na osnovu DMT (ArcGis 9.2)  
Figure 4 – Analysis of slopes based on the DTM (ArcGIS 9.2)

Analiza ekspozicija padina u smeru najvećeg nagiba obuhvata njihovu orijentaciju s obzirom na strane sveta. Pri tome se ugao određuje najčešće od pravca severa u smeru kazaljke na satu. Uloga orijentacije padina u odnosu na strane sveta, prilikom vojne analize terena, ima značaj kada nam je poznata taktička orijentacija koja uključuje poznavanje rasporeda naših u odnosu na protivničke snage. Geografskim definisanjem položaja protivnika i analizom orijentacije padina u odnosu na strane sveta, moguće je odrediti padine koje su otvorene, zaklonjene ili okrenute bočno u odnosu na snage protivnika.

Na slici 5 određene su vrednosti ekspozicija padina analiziranog područja prema rasponu azimuta glavnih i pomoćnih strana sveta. Analiza je izvedena algoritmom Hillshade Military Analyst ArcGIS programskog pake-

ta. Kroz ovaj algoritam bonitetna vrednost pojedinih ekspozicija padina definisana je položajem protivničkih i vlastitih snaga, gde su snage protivnika smeštene u smeru severa, a vlastite u smeru juga. Na taj način, analizirani teren je višeslojno diferenciran na delove koji su orijentisani prema protivniku (S, SI, SZ - nijanse tamne), prema vlastitim snagama (J, JI, JZ – nijanse svetle) i na zaravnjene delove (siva), odnosno padine orijentisane bočno u odnosu i na naše i na protivničke snage (Z, I – siva).



Slika 5 – Analiza orijentacije padina (ArcGis 9.2)  
Figure 5 – Analysis of the orientation of slopes (ArcGIS 9.2)

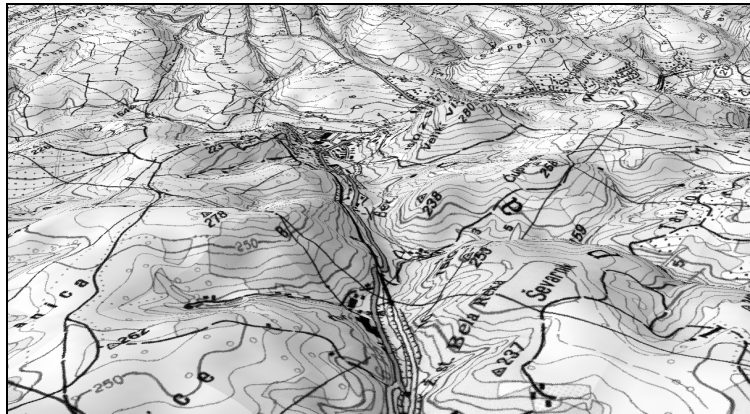
Pored navedenih elemenata vojne analize terena na osnovu DMT, trodimenzionalnim prikazom prostora otvaraju se široke mogućnosti da se različiti podaci plastično prikažu u prostoru. Naime, posebni GIS alati za generisanje reljefa omogućavaju prikaz istraživanog područja simuliranjem njihovog prirodnog izgleda zajedno sa svim ili izabranim objektima na terenu. Preko trodimenzionalnog modela terena može se postaviti jedna ili više rasterskih slika ili drugih topografskih podloga, kao što su satelitski ili aerofoto snimci. Na taj način dobija se pregledni blok-dijagram koji ilustruje stvarni izgled terena, karakteristike i oblike reljefa uz istovremeni prikaz reljefnih odnosa. Iste mogućnosti su otvorene za sve druge vrste podataka vezane za geografski informacioni sistem (vegetacija, pedologija, hidrografija, komunikacije i drugo). Na slici 6 prikazan je plastični prikaz reljefa razmatranog geoprostora preko kojeg je postavljena rasterska topografska podloga u vidu TK25, a na slici 7 u vidu ortofoto-snimka.

Vizuelizacijom digitalnog modela terena moguće je sagledati [4, 12, 13]:

- koliko geoprostora zauzima nizijski i ravničarski reljef i koji se dodatni reljefni oblici javljaju u ravničarskim delovima (uzvišenja, brežuljci, humke);
- koliko geoprostora zauzimaju brda. Moguće je sagledati fizička svojstva brdskog reljefa, kolike su nadmorske visine, koliki je nagib strana i koje su ostale prepreke na takvom prostoru;

– koliko geoprostora zauzima manevarsko zemljište, koje čine nizijski i brdski reljef i na taj način uočiti prostor koji je povoljan za kretanje, pregrupisanje snaga, upotrebu svih rodova KoV izvan komunikacija i upotrebu vazdušnih desanata;

– koliko geoprostora zauzima planinsko zemljište. U okviru njega sagledati koja su značajnija reljefna suženja, klisure, tesnaci, kanjoni, planinski prevoji, prirodni otvori i povezivanjem sa prethodno skladištenim podacima sagledati njihove karakteristike, veličinu i značaj. Moguće je utvrditi kakva je ispresecanost zemljišta, koje se prirodne prepreke javljaju i odrediti njihov vojnogeografski značaj, i drugo



Slika 6 – Vizuelizacija DMT preklapljenog sa TK25 (ArcGis 9.2)

Figure 6 – Visualization of the DTM covered with a TK25 (ArcGIS 9.2)



Slika 7 – Vizuelizacija DMT preklapljenog ortofoto-snimkom (ArcGis 9.2)

Figure 7 – Visualization of the DTM covered with an orthophoto map (ArcGIS 9.2)

## Zaključak

Geografski informacijski sistemi su jedna od najperspektivnijih informacijskih tehnologija današnjice s obzirom na široki spektar mogućnosti i područja njihove primene. Naročito je izražen njihov vojni značaj, pored ostalog, i u vidu izrade i analize digitalnih modela terena. Digitalni modeli terena (DMT) omogućavaju povezivanje podataka sadržanih u tekstualnim bazama podataka za jedinačne ili grupne elemente slike terena i istovremeno predstavljaju osnovu trodimenzionalnih prikaza terena, odnosno njihovu vizuelizaciju u vidu rasterskih ili vektorskih slojeva.

Može se zaključiti da je danas nezamislivo vršiti vojnogeografsku analizu geografskih činioca bez GIS-a. Zamenom klasičnih analognih izvora podataka digitalnim, zasnovanih na digitalnom modelu terena, sa primenom algoritama za računanje pojedinih parametara morfometrijske analize, znatno je ubrzan proces vojne analize terena. Međutim, prednost DMT-a u vojnoj analizi terena nije samo u uštedi sredstava i vremena, već i u mogućnosti da se teren kompleksnije i kvalitetnije vojnogeografski sagleda, što predstavlja bitan uslov za donošenje pravilnih odluka pri izvršavanju različitih zadataka.

## Literatura

- [1] Borisov, M., Sekulović, D., Banković, R.: Digitalni modeli terena i njihova primena u vojsci, OTEH 2005, Beograd, 2005.
- [2] Friend, A.: Environmental Analysis in Support of the Military Commander, Sixth International Conference on Military Geology and Geography, Nottingham, 2005.
- [3] Esri: Using ArcGIS 3D Analyst, Environmental Systems Research Institute, Inc. 1999.
- [4] Gigović, Lj., Sekulović, D.: Vojnogeografska analiza reljefa primenom GIS tehnologije, DQM, Beograd, 2008.
- [5] Grindle, C., Lewis, M., Ginton, R., Giampapa, J., Owens, S.: Automating Terrain Analysis: Algorithms for Intelligence Preparation of the Battlefield, Proceeding of the Human Factor and Ergonomics Society, 2004.
- [6] Guth, P.: Challenges for Military Application of High Resolution DEMs, Sixth International Conference on Military Geology and Geography, June 2005, Nottingham, 2005.
- [7] Marijanović, R.: Opšta vojna geografija, VIZ, Beograd, 1983.
- [8] Sekulović, D., Borisov, M., Banković, R.: Nacionalni digitalni model terena generisan na osnovu TK25, SIM-OP-IS, Beograd, 2006.
- [9] URL 1: <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/gtopo30.html>
- [10] URL 2: <ftp://e0srp01u.esc.nasa.gov/srtm/>
- [11] URL 3: <http://www.eurogeographics.org/eng/EuroDEM.asp>
- [12] Regodić, M.: Daljinska detekcija kao metod prikupljanja podataka o prostoru, Vojnotehnički glasnik br. 1/2008, str. 70–88, Beograd, ISSN: 0042–8469.
- [13] Regodić, M.: Važniji satelitski programi sistemskog snimanja zemlje, Vojnotehnički glasnik br. 4/2008, str. 91–112, Beograd, ISSN: 0042–8469.

## DIGITAL MODELS OF HEIGHTS AND MILITARY APPLICATION FOR TERRAIN ANALYSIS

### Summary

#### Digital terrain model

*The Digital Terrain Model (DTM) is nowadays defined as a modern method for presenting heights of land and relief shapes. It has emerged with the development of computer technology and is the basis of modern geographic information systems. The DTM is a mathematical model of a large number of points on the surface of terrain where it is possible to perform various mathematical analyses. According to its organization structure, the best known and the most frequently applied models of terrain are models of surface terrain based on the grid (raster) structure and digital models based on the TIN (Triangulated Irregular Network) data structures.*

#### How to select an appropriate digital terrain model

*While taking military analysis of a terrain using the DTM, it is very important to harmonize military requirements of the estimation with accuracy, i. e. with the resolution of the generated DTM. For this reason, the choice of resolution should be correlated with the size of the analyzed space and its configuration. Thus, a military analysis of a terrain on tactical level, with regard to the required accuracy and detailed data, will require a DTM of the highest resolution, while the need of a military geographic analysis of the terrain on strategic or operational commanding level meets a DTM of medium and even low resolution. Models of low, medium and, in some cases, high resolution, can be downloaded for free from the Internet (GTO-PO30, SRTM3), while models of high and very high resolution are only available to certain institutions and for certain purposes.*

#### Methods for military analysis of terrain based on a selected DTM

*Modern methods for the military geographic analysis of terrain based on the DTM include a huge range of automated analysis algorithms. The most frequently used is the method of multiple criteria analysis, in which some morphometric parameters of the field are allocated, classified and shown by a final synthesis as thematic maps. To properly present this work, we used the NDTM 25 of the GRID format, equidistance of 10 meters, which was created by the Military Geographic Institute (MGI). The GIS analysis was taken by ArcGIS 9.2 software with Military Analyst and 3D Analyst extensions. The used values of the DTM morphometric parameters are related to the analysis of visibility, slope of ground, exposition aspect of slopes and visualization. Due to a practical application through the algorithmic analysis of relief morphometric parameters, a qualitatively new way of recognition and understanding spatial relationships and relief attributes was enabled, thus providing a more qualitative, faster and more rational analysis of terrain.*

*Key words: Digital terrain model, GIS technology, military-geographical analysis.*

Datum prijema članka: 23. 01. 2009.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 30. 09. 2009.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 02. 10. 2009.

# KONCEPT POUZDANOSTI GEODETSKIH MREŽA

Radojčić M. Stevan, Vojnogeografski institut, Beograd

UDC: 528.4:658.562

## Sažetak:

*Tradicionalan način ocenjivanja kvaliteta geodetskih mreža počiva na analizi preciznosti – više preciznosti ukazuje na bolji kvalitet. Međutim, to važi samo ako su opažanja pouzdana, tj. ukoliko ne sadrže grube ili sistematske greške, a sve marginalne greške su detektovane i eliminisane. Upravo se zbog toga, prema savremenom pristupu, uz preciznost mora ocenjivati i pouzdanost geodetskih mreža. Mere preciznosti i mere pouzdanosti samo zajedno daju potrebnu osnovu za ocenu i poređenje geodetskih mreža. Ovaj rad ukazuje na potrebu i značaj kriterijuma pouzdanosti pri ocenjivanju i kontroli kvaliteta geodetskih mreža i daje osnovne izraze za računanje mera pouzdanosti.*

Ključne reči: *geodetske mreže, kontrola kvaliteta, pouzdanost.*

## Uvod

Najveći broj geodetskih radova i operacija na terenu zahteva korišćenje odgovarajuće geodetske mreže kao referentne osnove u odnosu na koju se ti radovi preduzimaju i/ili oslanjaju. Bez obzira na to da li se koristi postojeća ili se projektuje i realizuje posebna geodetska mreža (specijalno dizajnirana za dati projekat), neophodno je imati određenu potvrdu da je njen kvalitet prihvatljiv za planirane geodetske radove. Naime, niti su sve geodetske mreže jednakog kvaliteta, niti svi geodetski radovi imaju iste zahteve prema kvalitetu geodetske mreže na koju se oslanjaju.

Upravo tu se nalazi jedno veoma staro i značajnim delom još uvek otvoreno pitanje – pitanje formulisanja i utvrđivanja kvaliteta projektovanih i realizovanih geodetskih mreža.

Sve donedavno, pod kvalitetom geodetske mreže podrazumevala se njena *preciznost*, merena, odnosno saopštavana na različite načine – pomoću relativnog odnosa među tačkama u mreži (triangulacija, poligonoetrija), pomoću mere koja ima jedan konstantan i jedan multiplikacioni deo zavisian od rastojanja među tačkama (GPS), kao nesigurnost određivanja visinskih razlika proporcionalna rastojanju između repera (niveلمان) i slično; u novije vreme pomoću statističkog koncepta za iskazivanje nesigurnosti – kruga (elipse) poverenja za horizontalni položaj i intervala poverenja za visine.

Međutim, kada se o kvalitetu mreže sudi samo na osnovu preciznosti može se dobiti pogrešna predstava. Na primer, sve analize preciznosti jedne hipotetičke, bespogrešne trilateracione mreže razvijane elektrooptičkim daljinomerom daće sliku savršene preciznosti mreže, koja se neće promeniti ni kada daljinomeru pridružimo proizvoljnu vrednost greške frekvencije, iako će u tom slučaju rezultati očigledno biti opterećeni sistematskim uticajem greške razmera. Ovaj problem će se uočiti samo ako se o razmeru mreže sudi na osnovu nezavisnih provera (podataka).

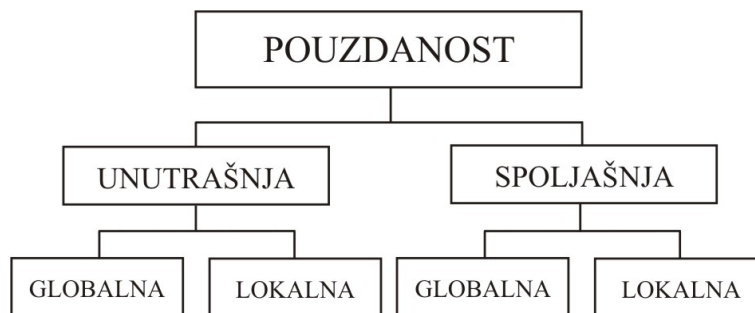
Dakle, ukoliko šema opažanja nije osmišljena tako da se prikupe i takvi podaci, ocenjene koordinate biće nepouzdanane, a njihovo korišćenje može da ima ozbiljne posledice, posebno kada se radi o deformacionoj analizi.

Stoga se u savremenim razmatranjima koristi više kriterijuma (komponenti) kvaliteta projektovanih i realizovanih geodetskih mreža, prvenstveno preciznost, pouzdanost i ekonomičnost, a kod mreža koje služe kao referentne za deformacionu analizu i osetljivost. Ovde je posebno značajan kriterijum pouzdanosti koji se mora, za razliku od osetljivosti, analizirati kod svih geodetskih mreža, jer se bez njega ne može ostvariti realan uvid u tačnost mreže. S druge strane, kriterijum ekonomičnosti je, zbog, nažalost, niskih cena geodetskih radova kod nas i u svetu, još uvek nedovoljno razrađen [1].

Koncept pouzdanosti koji je predmet razmatranja u ovom članku počiva na primeni Gaus-Markovljevog modela (GMM) i razmatranjima koje je prvi učinio Barda [2, 6, 7].

### Opšta stanovišta i definicije

Prema Bardinom predlogu, pouzdanost može biti unutrašnja ili spoljašnja (slika 1). Unutrašnja pouzdanost je svojstvo modela da lako otkrije sistematske i lokalizuje grube greške, bez dodatnih merenja na terenu. Spoljašnja pouzdanost je sposobnost modela da umanjí uticaj neotkrivenih grešaka na ocenu parametara. Unutrašnja i spoljašnja pouzdanost se dalje dele na globalnu (koja se odnosi na celu mrežu) i lokalnu (koja se odnosi na pojedine delove mreže).



Slika 1 – Pouzdanost geodetskih mreža  
Figure 1 – Geodetic network reliability



Uopšteno posmatrano, pouzdanost geodetskih operacija zahteva [3]:

- osposobljene, odgovorne i pažljive planere i realizatore geodetskih merenja;

- precizne i samokontrolišuće instrumente koji ne prikazuju rezultate ukoliko su oni nepouzdati (na primer, kada su vremenski uslovi ili napon baterija kritični);

- procedure merenja koje obezbeđuju kontrolu nad grubim i, kada je to moguće, sistematskim greškama (na primer: merenja napred-nazad, zatvoreni poligoni, dva položaja durbina, i slično), i
- odgovarajući dizajn mreže u kojem se opažanja međusobno kontrolišu.

Mere unutrašnje i spoljašnje pouzdanosti počivaju na Gaus-Markovljevom modelu (GMM) i odgovarajućim pretpostavkama koje važe kada se radi o osobinama rasporeda opažanja.

Gaus-Markovljev model je, kao što je poznato, linearni matematički model koji se sastoji od funkcionalnog i stohastičkog dela [4]. On povezuje stohastička opažanja  $l_i$  i tražene parametre  $x_j$ , tj:

$$\begin{aligned} E(l) &= Ax \text{ ili } l = Ax + \varepsilon \\ E(\varepsilon\varepsilon^t) &= \Sigma = \sigma_0^2 Q, \end{aligned} \quad (1)$$

što, primenjeno na realan uzorak, daje:

$$\begin{aligned} l + v &= A\hat{x} \\ P &= Q^{-1} \end{aligned} \quad (2)$$

gde su:

- $E(.)$  – matematičko očekivanje,
- $l$  – n-dimenzionalni vektor opažanja,
- $x$  – u-dimenzionalni vektor traženih parametara mreže,
- $A$  – n·u matrica koeficijenata jednačina popravaka,
- $\varepsilon$  – n-dimenzionalni vektor istinitih grešaka,
- $\Sigma$  – n·n kovarijaciona matrica,
- $\sigma_0^2$  – a priori varijans faktor,
- $Q$  – n·n kofaktor matrica opažanja,
- $v$  – n-dimenzionalni vektor popravaka,
- $P$  – n·n matrica težina opažanja.

Pošto su jednačine opažanja u geodetskim mrežama obično nelinearne, neophodno je izvršiti njihovu linearizaciju. Linearizacija se vrši razvojem u Tejlrov red u blizini približnih vrednosti nepoznatih parametara mreže. Linearni oblik u opštem slučaju glasi:<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Podrazumeva se da su parametri orijentacije (o) i korekcionni parametri (C) eliminisani.

$$l_i + v_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{iu}x_u, \quad i \in [1, n] \quad (3)$$

gde su:

$a_{ij} = \partial l_i / \partial x_j$  – koeficijenti koji se dobijaju diferenciranjem jednačina popravaka po nepoznatim parametrima mreže.

Težine opažanja računaju se prema  $p_i = \sigma_0^2 / \sigma_i^2$ , gde je  $\sigma_i^2$  apriorna varijansa opažanja  $l_i$ .

## Mere unutrašnje pouzdanosti

### *Globalne mere unutrašnje pouzdanosti*

Globalne mere unutrašnje pouzdanosti počivaju na otkrivanju grubih i sistematskih grešaka, nezavisno od mogućnosti njihove lokalizacije. Jedna jednostavna i očigledna mera je broj suvišnih merenja, ukoliko su ona ravnomerno raspoređena u mreži. Potpunija i složenija mera vezana je za globalni test modela, odnosno izraz [1]:

$$\lambda = \frac{\Delta^t P Q_v P \Delta}{\sigma_0^2} \leq \frac{\Delta^t \Delta \Lambda_{\max}}{\sigma_0^2} \quad (4)$$

koji predstavlja gornju granicu parametra necentralnosti  $\lambda$  i proporcionalan je maksimalnoj sopstvenoj vrednosti  $\Lambda_{\max}$  proizvoda  $P Q_v P$ ;  $\Delta$  označava vektor (mogućih) grešaka merenja, a  $Q_v$  kofaktorsku matricu popravaka.

Pošto pouzdanost raste sa povećanjem  $\lambda$ , vrednost  $\Lambda_{\max}$  može se koristiti kao mera globalne unutrašnje pouzdanosti. Ako se neka mreža projektuje u više varijanti, pouzdanija je ona sa većom vrednošću  $\Lambda_{\max}$ , jer je u njoj mogućnost otkrivanja grubih grešaka veća. Treba uočiti da  $\Lambda_{\max}$  ne zavisi od datuma mreže je  $P Q_v P$  datumski nezavisno. Međutim, kod mreža koje se sastoje od jednorodnih opažanja iste preciznosti,  $\Lambda_{\max}$  nije dobra mera, jer se njena vrednost neće menjati sa povećanjem broja merenja, iako se tada pouzdanost, očigledno, povećava. Zato se u tim slučajevima gornja jednačina može napisati kao [5]:

$$\lambda = \frac{\Delta^t \Delta}{\sigma_0^2} \text{tr} P Q_v P \quad (5)$$

i kao mera globalne unutrašnje pouzdanosti umesto  $\Lambda_{\max}$  koristiti trag  $P Q_v P$ , jer on, za dati vektor grešaka  $\Delta$ , definiše gornju granicu parametra necentralnosti  $\lambda$ .

### Lokalne mere unutrašnje pouzdanosti

Lokalna mera unutrašnje pouzdanosti je usko povezana sa verovatnoćom otkrivanja rezultata koji odskakuju: što je veća verovatnoća otkrivanja rezultata sa greškom, veći je i stepen lokalne unutrašnje pouzdanosti modela.

Ako u opažanjima postoji jedna gruba greška  $\Delta_i$ , priraštaji pojedinih elemenata vektora popravaka računaju se prema [1]:

$$\Delta v = -q_{vi} p_i \Delta_i, \quad (6)$$

gde su:

$p_i$  – apriorna težina opažanja  $l_i$ ,

$q_{vi}$  –  $i$ -ta kolona kofaktorske matrice  $Q_v$ .

Elementi vektora  $\Delta v$  se računaju po formuli:

$$\Delta v_i = -q_{vivi} p_i \Delta_i = -(Q_v P)_{ii} \Delta_i = -f_i \Delta_i, \quad (7)$$

na osnovu koje sledi da što je veće  $\Delta v_i$  za pojedinačnu grešku  $\Delta_i$ , veća je i verovatnoća lokalizacije opažanja  $l_i$  koje ima grešku. Ovde je od posebnog značaja koeficijent  $f_i$ , jer se on može koristiti kao lokalna mera unutrašnje pouzdanosti. Naime, koeficijenti  $f_i$  mogu se sračunati za sva opažanja još u fazi projektovanja neke geodetske mreže, a zatim njihovim pregledom uočiti slabe delove modela i popraviti ih uvođenjem dodatnih opažanja (popravljanjem geometrije). Tipične vrednosti koeficijenata  $f_i$  zavise od vrste geodetske mreže:

- u poligonskim mrežama  $f_i = 0,1 - 0,2$ ,
- u trilateracionim mrežama  $f_i = 0,3 - 0,6$ ,
- u kombinovanim mrežama  $f_i = 0,5 - 0,8$ ,
- u nivelmanskim mrežama  $f_i = 0,2 - 0,5$ .

S druge strane, prosečna vrednost koeficijenata  $f_i$ , tj.

$$\bar{f} = \sum_{i=1}^n \frac{f_i}{n} \quad (8)$$

predstavlja *globalnu* meru unutrašnje pouzdanosti koja se može primeniti kada su koeficijenti  $f_i$  ravnomerno raspoređeni u mreži.

Kao mere unutrašnje pouzdanosti, koeficijenti  $f_i$  i  $\bar{f}$  ne zavise od geodetskog datuma.

## Mere spoljašnje pouzdanosti

### *Globalne mere spoljašnje pouzdanosti*

I pored činjenice da se danas koriste raznovrsni i veoma sofisticirani testovi za detekciju opažanja opterećenih grubim i sistematskim greškama, uvek postoji mogućnost da jedan broj grešaka ostane neotkriven i da ostvari određeni uticaj na ocenu nepoznatih parametara.

Analiziranje i sagledavanje tog uticaja vrši se pomoću mera spoljašnje pouzdanosti.

Gaus-Markovljev model ima dobru spoljašnju pouzdanost ako ne reaguje (ili nesignifikantno reaguje) na neotkrivene grube i sistematske greške. Odstupanje vektora parametara uzrokovano uticajem vektora grešaka  $\Delta$ , definisano je izrazom:

$$\Delta \hat{x} = N^{-1} A' P \Delta, \quad (9)$$

gde je  $N^{-1}$  opšta inverzija matrice  $N = A' P A$

U opštem slučaju,  $\Delta \hat{x}$  ne daje dovoljno informacija, jer ne odgovara na pitanje da li u modelu postoji jedna ili više grešaka. Osim toga,  $\Delta \hat{x}$  zavisi od datuma, kao i  $\hat{x}$ . Međutim, odstupanje  $\Delta \hat{x}$  je od velike koristi za praćenje uticaja pojedinih odstupanja koja se u izvesnoj meri mogu modelovati, poput, na primer, greške frekvencije i meteoroloških efekata pri merenju elektrooptičkim daljinomerima, uticaja refrakcije na merenja vertikalnih uglova, sistematske greške pri nivelanju i slično.

Invarijantna globalna mera spoljašnje pouzdanosti kojom se definišu efekti vektora  $\Delta$  na ocenjene parametre može se izvesti iz kvadratne forme (Caspar, 1988):

$$q_{\Delta \hat{x}} = \Delta \hat{x}' Q_x^{-1} \Delta \hat{x}. \quad (10)$$

Zamenom  $Q_x^{-1} = N = A' P A$ , analogno izrazu (4), dolazi se do nejednačine:

$$\Delta' \Delta \Lambda_{\max} \geq \Delta' P Q_i P \Delta, \quad (11)$$

gde je  $\Lambda_{\max}$  maksimalna sopstvena vrednost od  $P Q_i P$ .

Vrednost  $\Lambda_{\max}$  ukazuje na maksimalno mogući uticaj neotkrivene greške  $\Delta$  na ocenu parametara – manja vrednost  $\Lambda_{\max}$  ukazuje na manji maksimalno mogući uticaj – pa se zato koristi kao globalna mera spoljašnje pouzdanosti. Kao i globalna mera unutrašnje pouzdanosti  $\Lambda_{\max}$  od  $P Q_v P$ , i ova mera je nepodesna za primenu u modelima u kojima su sva opažanja realizovana sa istom tačnošću, jer se tada njena vrednost ne

menja sa povećanjem broja merenja (iako se time povećava pouzdanost). Ali, u takvim situacijama se ne može, po analogiji sa unutrašnjom pouzdanošću, koristiti  $trPQ_iP$ , jer je  $Q_iP$  idempotentno, pa su u slučaju opažanja iste preciznosti sopstvene vrednosti ili nule ili jedinice, tj. vrednost  $trPQ_iP$  se neće menjati sa povećanjem broja merenja.

### Lokalne mere spoljašnje pouzdanosti

Za formulisanje lokalne mere spoljašnje pouzdanosti polazi se od kvadratne forme (10) u koju se uvodi uprošćeni model vektora greške  $\Delta = e_i \Delta_i$  (gde je  $e$  vektor koji ima jedinicu na  $i$ -tom mestu, a na ostalima nule), što daje izraz:

$$q_{\Delta \hat{x}_i} = \Delta_i^2 p_i^2 a_i^t Q_{\hat{x}} a_i \quad (12)$$

gde je sa  $a_i$  označena  $i$ -ta kolona matrice koeficijenata jednačina popravaka  $A$ .

Što je vrednost gornjeg izraza manja, to je bolja lokalna pouzdanost. Međutim, pošto se ne može unapred znati koje opažanje sadrži grubu grešku  $\Delta_i$ , lokalna mera spoljašnje pouzdanosti formira se u obliku:

$$p_i^2 a_i^t Q_{\hat{x}} a_i = p_i (1 - f_i) = \min, \text{ za } \forall i \in (1, 2, \dots, n) \quad (13)$$

Ova mera može se sračunati za sva opažanja u modelu. Ukoliko se to učini u fazi projektovanja geodetske mreže, mogu se sagledati slaba mesta u mreži i eliminisati uočeni nedostaci, intervencijama u dizajnu mreže.

Treba uočiti da srednja vrednost gornjeg izraza:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i^2 a_i^t Q_{\hat{x}} a_i = \frac{1}{n} tr(PAN^{-1}A^tP) = \frac{1}{n} tr(PQ_iP) \quad (14)$$

može poslužiti kao globalna mera spoljašnje pouzdanosti – što je srednja vrednost manja, pouzdanost je veća.

### Zaključak

Ocenjivanje pouzdanosti je važan i nezaobilazan deo savremene analize i kontrole kvaliteta realizovanih i planiranih geodetskih mreža.

Koncept pouzdanosti dolazi do posebnog izražaja pri projektovanju merenja u geodetskim mrežama, kada se, računanjem i analizom odgovarajućih mera unutrašnje i spoljašnje pouzdanosti, može definisati opti-

malan plan opažanja koji unapred, pre merenja na terenu, garantuje da će zahtevana tačnost biti i ostvarena.

Važan uslov za upoređenje pouzdanosti različitih varijanti jeste da sve počivaju na istom datumu, jer su pojedine mere pouzdanosti datumski zavisne i ne mogu se koristiti za upoređenje mreža sa različitim datumom. U zaključku se navodi cilj članka i ističu rezultati.

### *Literatura*

[1] Ninkov, T.: *Optimizacija projektovanja geodetskih mreža*, Građevinski fakultet Univerziteta Beogradu, Beograd, 1989.

[2] Baarda, W.: *A testing procedure for use in geodetic networks*, Publication on Geodesy, Netherlands Geodetic Commission, the Netherlands New Series 2, No 5, Delft, 1968.

[3] Caspary, W. F.: *Concepts of network and deformation analysis*, Monograph 11, School of Surveying, The University of New South Wales, Kensington, 1988.

[4] Božić, B.: *Teorija grešaka geodetskih merenja* (verzija 23. 08. 2008), Građevinski fakultet : Odsek za geodeziju, Beograd, 2008.

[5] Božić, B., Pejić, M.: *Ocena kvaliteta mreže EPVGI analizom mera unutrašnje pouzdanosti*, Zbornik radova 11, Vojnogeografski institut, Beograd, 2003, str. 111–119.

[6] Borisov, M.: Topografsko-kartografski sistem prema novim vojnim standardima, Vojnotehnički glasnik br. 3–4, str. 315–325, Beograd, ISSN: 0042–8469.

[7] Radojčić, S.: Postupak i formule za transformaciju koordinata između Gaus-Krigerove i svetske poprečno Merkatorove projekcije za teritoriju Srbije, Vojnotehnički glasnik br. 4/2008, str. 89–95, Beograd, ISSN: 0042–8469.

## THE CONCEPT OF GEODETIC NETWORKS RELIABILITY

*Summary:*

### **Introduction**

*The traditional way for geodetic network quality assessment is based on the precision analysis – more precision means better quality. But, it is truth only if the observations are reliable, i.e. if there are no gross and systematic errors and all marginal errors are detected or eliminated. That is why, according to modern approach, the reliability of geodetic network must be assessed.*

### **General Aspects and Definitions**

*Following a suggestion on Baarda, the reliability of geodetic networks can be considered as internal and external reliability. The internal reliability refers to a desired property of the Gauss-Markov Model*

(GMM) of facilitating the detection of systematic errors and the location of gross errors without requiring additional information. The external reliability of the GMM measures the response of the model to undetected systematic and gross errors. The measures or criteria are usually different for local and global considerations.

#### **Measures of internal reliability**

The simplest measure of internal reliability is the number of redundant observations. More sophisticated measures are the maximum eigenvalue of the matrix  $PQ_vP$  and the trace of the matrix  $PQ_vP$ . The redundancy contributions  $f_i$  serve as local measures of internal reliability while their average value represents a global measure of internal reliability.

#### **Measures of external reliability**

The maximum eigenvalue of the matrix  $PQ_iP$  and the trace of the matrix  $PQ_iP$  are the global measures of external reliability. There are a few local measures of external reliability as well.

#### **Conclusion**

The main conclusion is that only when the measures of accuracy and those of reliability are taken together, they form a sufficient basis for the assessment and comparison of the quality of geodetic networks.

Key words: Geodetic networks, Quality control, Reliability.

Datum prijema članka: 4. 02. 2009.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa: 7. 10. 2009.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 10. 10. 2009.

## 17. TELEKOMUNIKACIONI FORUM TELFOR 2009

Gaćeša N. *Nebojša*, Sektor za ljudske resurse Ministarstva  
odbrane Republike Srbije, Uprava za školstvo



U Beogradu je 24, 25. i 26. novembra 2009. godine, u Sava centru, održan 17. telekomunikacioni forum TELFOR 2009, u organizaciji Društva za telekomunikacije – Beograd, „Telekom Srbija“ a. d., JP PTT saobraćaja „Srbija“, Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i IEEE Serbia & Montenegro ComSoc Chapter and Section.

Telekomunikacioni forum TELFOR organizuje se sedamnaesti put kao domaći i regionalni godišnji skup stručnjaka koji rade u oblastima telekomunikacija i informacionih tehnologija. Učesnici su uglavnom telekomunikacioni inženjeri, ali i ekonomisti, pravnici, menadžeri, operatori i drugi. Na taj način TELFOR predstavlja forum u okviru kojeg se razmatraju sva relevantna pitanja telekomunikacija: tehnička, razvojna, regulatorna i ekonomska, pitanja proizvodnje opreme, usluga, servisa i funkcionisanja sistema.

U toku TELFOR-a organizuju se:

- plenarne sednice sa predavanjima po pozivu,
- oko trideset autorskih sesija sa autorskim radovima iz različitih oblasti telekomunikacija,
- sesije sa radovima studenata redovnih studija,
- stručni seminari za afirmisane stručnjake,
- obrazovni seminari za mlade stručnjake i studente redovnih i post-diplomskih studija,



- specijalne prezentacije vodećih internacionalnih i domaćih telekomunikacionih kompanija,
- prezentacije novih stručnih knjiga,
- izložba telekomunikacionog hardvera, softvera, sistema, prateće opreme i usluga,
- tematske rasprave, panel diskusije i okrugli stolovi u vezi sa aktuelnim temama,
- stručne i komercijalne prezentacije kompanija,
- prezentacije profesionalnih udruženja, profesionalni skupovi, konferencije za štampu, prijemi, itd.

Na TELFOR-u se prezentuju radovi sa istraživačkim i naučnim rezultatima, sa novim idejama, sa korisnim iskustvenim zaključcima, zatim pregledni radovi i radovi obrazovnog tipa. Posebno su cenjeni radovi u kojima se izlažu iskustva iz prakse. Po pozivu Programskog odbora na TELFOR-u se prikazuju i pregledni radovi i prezentacije pojedinaca i kompanija.

Recenzirani prihvaćeni radovi objavljeni su u CD-zborniku. Prihvaćeni radovi koji su izloženi na TELFOR-u objavljeni su i na Web stranici TELFOR-a: [www.telfor.rs](http://www.telfor.rs).

Za autore i učesnike autorskih i posebnih sekcija TELFOR-a, za posetioce izložbi i prezentacija, učešće je bilo besplatno.

Među telekomunikacionim poslenicima značaj TELFOR-a raste svake godine. TELFOR redovno ima veliki broj učesnika i posetilaca, kako pojedinaca, tako i kompanija iz svih telekomunikacionih segmenata. Glavni rezultati TELFOR-a 2009 su:

- 400 prijavljenih naučnoistraživačkih i tehničkih radova,
- 300 prihvaćenih regularnih radova, 11 radova po pozivu i 21 studentski rad,
- preko 700 autora/koautora i predavača,
- 49 regularnih sesija, 1 sesija po pozivu, 3 studentske sesije,
- 11 specijalnih i tehničkih prezentacija,
- 1 seminar, 1 radionica, 2 okrugla stola i jubilarna izložba PTT muzeja,
- 13 komercijalnih prezentacija, 30 kompanija učesnika na izložbi TELFOR-a,
- 150 članova Odbora TELFOR-a i studentske tehničke podrške,
- 120 aktivnih recenzenata,
- preko 30 organizacija donatora, partnera, prijatelja ili koorganizatora TELFOR-a, i
- oko 2000 registrovanih učesnika.

Proteklih godina nekoliko desetina telekomunikacionih kompanija bilo je na različite načine angažovano u vezi sa TELFOR-om. Svoje prezentacije imale su i poznate svetske kompanije, kao što su Agilent, Alcatel, Cisco, Ericsson, HP, Huawei, Intracom, Juniper, Motorola, Rohde & Schwarz, Siemens i druge, po pravilu zajedno sa svojim srpskim partnerima, kao i oko 50 domaćih i međunarodnih organizacija donatora i učesnika.

Predsednik Upravnog odbora TELFOR-a 2009 bio je prof. dr Đorđe Paunović sa Elektrotehničkog fakulteta Beograd, a predsednik Programskog odbora prof. dr Aleksandar Marinčić, takođe sa Elektrotehničkog fakulteta Beograd.

Rad foruma odvijao se u okviru plenarnih sednica sa predavanjima, radovima po pozivu i tematskim izlaganjima, kroz rad više specijalnih sekcija, sekcija sa autorskim radovima, sekcija sa radovima studenata redovnih studija, preko panel diskusija i okruglih stolova o aktuelnim temama, usmerenih seminara, tehničkih izložbi kompanija, tematskih izložbi i prikaza, tehničkih i komercijalnih prezentacija, profesionalnih skupova i sastanaka, itd. Plan i program rada utvrdio je Organizacioni odbor, na čelu sa prof. dr Ljiljanom Milić, sa Elektrotehničkog fakulteta Beograd.

Autori pojedinci za TELFOR podnosili su stručne i naučne radove sa originalnim praktičnim ili teorijskim rezultatima istraživanja, od interesa za širi skup stručnjaka u području iz kojeg je rad, kao i radove koji sadrže primene teorijskih metoda u rešavanju konkretnih inženjerskih problema, prikaze praktičnih novih rešenja ili uređaja, rezultate eksperimentalnih istraživanja, realizacije poznatih rešenja na novi način i slično.

Za TELFOR se, inače, prijavljuju radovi čiji sadržaj nije saopšten pre foruma, objavljen ili na drugi način prikazan. Učesnici izuzetno mogu ponuditi Programskom odboru, ili Programski odbor može poručiti po pozivu, pregledne radove iz pojedinih oblasti, odnosno radove sa prikazima rezultata drugih autora i institucija (bez sopstvenog doprinosa, odnosno učešća u istraživanju podnosioca rada). Na radu se tada mora obavezno naznačiti da je u pitanju pregledni rad, odnosno moraju se jasno i dosledno naznačiti izvori informacija i eventualne dozvole za objavljivanje do tada nepublikovanih rezultata.

TELFOR posebno organizuje sekciju za studente osnovnih i diplomskih akademskih studija. U ovoj sekciji radove objavljuju isključivo studenti – autori, uz eventualnu neobaveznu naznaku imena nastavnika – mentora.

Pregled autorskih sekcija na TELFOR-u 2009:

Sekcija 1: Politika, regulativa i usluge u telekomunikacijama i IT;

- Značaj telekomunikacija u privredi i društvu,
- Sadašnje stanje domaćih i svetskih telekomunikacija,
- Trendovi budućeg razvoja telekomunikacija,

- Deregulacija, liberalizacija i strukturna reorganizacija,
- Modeli reformi, regulativa i standardizacija,
- Privatizacija u okviru telekomunikacionog sektora,
- Usluge, menadžment i marketing,
- Ekonomski aspekti poslovanja preduzeća,
- Sekcija 2: Telekomunikacione mreže,
- Sekcija 3: Radio-komunikacije,
- Sekcija 4: Sistemi prenosa signala,
- Sekcija 5: Obrada signala,
- Sekcija 6: Optičke telekomunikacije,
- Sekcija 7: Primenjena elektronika,
- Sekcija 8: Primenjena elektromagnetika,
- Sekcija 9: Multimedija,
- Sekcija 10: Softverski alati i aplikacije,
- Sekcija 11: Studentska sekcija.

Pored autorskih sekcija održane su i posebne sekcije kompanija. Učestvovali su: Nokia Siemens Networks Srbija, Ericsson Beograd, VIP Mobile Beograd, IBIS Instruments Beograd, IBM – International Business Machines, Telekom Srbija a. d. i Microsoft Software Beograd.

Održana je i posebna sekcija po pozivu: „Prezentacije po pozivu: Projekti Evropske unije“.

Uz sekcije, na TELFOR–u 2009 održani su i posebni programi: tehničke prezentacije, seminari i radionice, okrugli sto (RATEL – TELENOR: Ekonomski i društveni potencijal razvoja interneta i Internet i intelektualna svojina), memorijalna izložba (PTT „Srbija“, Muzej PTT: 85 godina radiotelegrafije), radovi i prezentacije po pozivu i komercijalne prezentacije kompanija.

Zapaženo učešće na TELFORU imali su i ove godine pripadnici Ministarstva odbrane i Vojske Srbije.

Donosimo prikaz njihovih radova:

Jevremović Aleksandar (Univerzitet Singidunum, Beograd),

Veinović Mladen (Univerzitet Singidunum, Beograd),

Šimić Goran (Vojna akademija, Beograd)

#### **Zaštita bežičnih komunikacija korišćenjem sopstvenog šifarskog algoritma**

Rad je izložen u Sekciji 2 „Telekomunikacione mreže (TM)“.

Zaštita bežičnih komunikacionih sistema za potrebe profesionalnih organizacija (vojska, vlade zemalja) predstavlja složen zadatak, posebno u situacijama kada je zaštitu potrebno obezbediti bez izmena

nosećih hardverskih komponenata. U ovom radu opisan je proces obezbeđivanja bežičnih računarskih mreža na IP nivou, korišćenjem sopstvenog šifarskog algoritma i standardnih otvorenih tehnologija i rešenja: IPsec, IKEv2 i Linux operativnog sistema. Dodatno, izvorni kod korišćenih komponenti je dostupan, te je sve njihove funkcije moguće proveriti.

Tehnologije bežičnih računarskih mreža su u stanju da ponude visok nivo fleksibilnosti u LAN i WAN mrežnim okruženjima. Bežične mreže mogu se lako instalirati, popraviti, rekonfigurisati i uništiti (u slučaju potrebe). Ovakva vrsta fleksibilnosti je veoma poželjna kod dinamičkih promena, na primer za potrebe vojske. Međutim, takve profesionalne organizacije takođe zahtevaju i najviše nivoe zaštite podataka koji se prenose pomenutim komunikacionim kanalima. U takvim situacijama standardni bezbednosni protokoli za bežične mreže (WEP, WPA/WPA2, itd.) ne predstavljaju adekvatno rešenje. To ne znači da upotrebu pomenutih bezbednosnih protokola treba eliminisati u potpunosti, već da oni ne smeju biti jedini bezbednosni protokoli za zaštitu poverljivih podataka u toku komunikacije. U ovom radu opisan je proces uspostavljanja visokobezbedne bežične komunikacije korišćenjem standardnih i otvorenih tehnologija. Takođe, jedan od atributa od predstavljenog rešenja jeste i niska cena, direktno zavisna od standardnosti i rasprostranjenosti korišćenih tehnologija. Visok nivo bezbednosti ostvaren je korišćenjem sopstvenog algoritma za šifrovanje podataka. Za potrebe eksperimentalnih ispitivanja razvijen je sopstveni šifarski algoritam, nazvan MGAE2. Ovaj šifarski algoritam integrisan je u jezgro operativnog sistema Linuks, a njegova upotreba se vrši putem IPsec bezbednosnog sistema. To znači da je sadržaj celokupne komunikacije šifrovan na IP (mrežnom) nivou OSI i TCP/IP modela i da ne postoji potreba za izmenom nosećeg bežičnog hardvera i protokola na sloju veze.

Dušan Ostojić, Dragoljub Brkić, Tehnički opitni centar, Beograd,

Slavko Pokorni, Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije, Zemun

#### **Određivanje pouzdanosti složene komunikacione mreže simulacionom metodom**

Rad je izložen u Sekciji 2 „Telekomunikacione mreže (TM)“

U radu je prikazana primena razvijenog softverskog paketa, primenom simulacione metode Monte Carlo i Weibull-ove raspodele, za proračun dvoterminalne pouzdanosti složenije komunikacione mreže. U ranijim radovima, primenom simulacione metode Monte Carlo, izvr-

šen je proračun pouzdanosti na primerima relativno jednostavnijih komunikacionih mreža: mreže sa rednom vezom elemenata, mreže sa paralelnom vezom elemenata, mreže sa elementima u mostnoj vezi i mreže sa centralama povezanim u prsten. S obzirom na to da se radi o primerima relativno jednostavnijih mreža, bilo je moguće izvršiti proračun pouzdanosti analitičkim putem i primenom aproksimativne simulacione metode Monte Carlo. Uporednim pregledom rezultata proračuna pouzdanosti po obe metode, utvrđen je visok stepen podudarnosti dobijenih rezultata. Time su rezultati prethodnih istraživanja dobili potvrdu i preporuku za dalji rad na primeni simulacione metode Monte Carlo za određivanju pouzdanosti složene komunikacione mreže. U ovom radu primenjena je ista simulaciona metoda Monte Carlo na proračun dvoterminalne pouzdanosti složene komunikacione mreže. Iz razmatranja su izuzeti uticaji otkaza softvera i spoljnih smetnji.

Obradović Danilo, VP 4522, Batajnica,

Sazdić-Jotić Boban, VP 6834, Batajnica

#### **Poređenje tačnosti metoda za lociranje AOA i TDOA**

Rad je izložen u Sekciji 3 „Radio-komunikacije (RK)“

Potreba za određivanjem lokacije radio-predajnika je u današnje vreme sve prisutnija. Shodno tome, u porastu je interesovanje za neprekidnim usavršavanjem metoda i načina određivanja lokacije. Cilj ovog rada je da prikaže i objasni dve metode: AOA (eng. Angle of Arrival) i metodu TDOA (eng. Time Difference of Arrival). Takođe je prikazano i upoređenje tačnosti ove dve metode.

Određivanje lokacije radio-predajnika je postupak koji ima primenu u mnogim oblastima telekomunikacij, a postupak je moguć čak i kod nekooperativnih izvora radiotalasa. Samim tim, neophodan je kod aktivnosti u procesu elektronskih dejstava (ED) a naročito u procesu formiranja elektronske slike bojišta i taktičkoj prezentaciji bojišta. U savremenim sistemima za elektronsku podršku (EP) za određivanje lokacije izvora radio zračenja najviše se koristi metoda AOA (DOA) – Angle of Arrival (Direction of Arrival). Osnovne ideje ove metode nisu bitno promenjene od četrdesetih godina prošlog veka i ona predstavlja klasičan pristup rešenju ovog problema. U drugi, napredniji pristup spada metoda TDOA (eng. TDOA – Time Difference of Arrival) koja koristi relativna vremenska kašnjenja izmerena na prostorno razdvojenim prijemnim tačkama. U radu su prikazane osnovne karakteristike i principi metoda AOA i TDOA. Rad sadrži opis i rezultate simulacije.

Okiljević Predrag, Vojnotehnički institut, Beograd,

Nakić Nebojša, VP6834 Beograd,

Vučić Desimir, Računarski fakultet, Beograd

### **Unapređenje sistema prenosa baziranih na adaptivnoj OFDM modulaciji**

Rad je izložen u Sekciji 3 „Radio-komunikacije (RK)“

Cilj ovog rada je da se simulacijom prikažu različite mogućnosti poboljšanja prenosa u sistemima korišćenjem adaptivne i MIMO OFDM modulacije, tj. adaptacijom parametara podnosilaca (modulacione šeme i energije) na kanalni fading, u odnosu na one sisteme gde se koristi konvencionalna OFDM modulacija. Simulirani kanali su sa Rajsovim, Rejljevim, Nakagami i Vejbulovim fadingom u prisustvu aditivnog belog Gausovog šuma (AWGN).

Adaptivna OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) modulacija (adaptivna modulacija) jeste tehnika kojom se omogućava maksimizacija protoka podataka na podnosiocima koji su alocirani za odgovarajuće korisnike. Podrazumeva procenu SNR (Signal to Noise Ratio) za svaki od podnosilaca u prenosu, a na osnovu toga dalje se bira odgovarajuća modulaciona šema, tako da se zadrži prihvatljivi BER (Bit Error Rate). Ova tehnika se primenjuje kako kod bežičnog tako i kod žičnog prenosa. Većina OFDM sistema koristi fiksirane modulacione šeme preko svih podnosilaca (konvencionalna OFDM). U zavisnosti od uslova u kanalu svaki od podnosilaca u višekorisničkom OFDM sistemu može imati drugačije modulacione šeme (svaka koherentna ili diferencijalna, fazna ili amplitudska modulacija može se koristiti u te svrhe). Šeme sa većom spektralnom efikasnošću imaju, takođe, i veći BER. Zato se bira šema koja zadovoljava odgovarajući BER uz najveću spektralnu efikasnost. U uslovima višestruke propagacije radio-kanalom, frekvencijski selektivni fading može prouzrokovati velike varijacije u primljenoj snazi svakog od podnosilaca. Ovaj selektivni fading, kako i samo ime kaže, deluje na pojedine podnosiocce. Pošto je kod OFDM sistema prenos podeljen u više manjih propusnih opsega, tada frekvencijski selektivni fading poništava signale samo na nekim frekvencijama i signal se lako može rekonstruisati. Za kanale bez direktne putanje, varijacije u primljenoj snazi svakog od podnosilaca mogu biti i do 30 dB, za slične varijacije SNR. Mora se napomenuti da interferencija susednih ćelija može usloviti promene SNR preko propusnog opsega sistema. Kako bi se savladale ove velike varijacije SNR, primenjuju se adekvatne modulacione šeme. Dakle, osnovna ideja adaptivne modulacije je da BER ostane konstantan menjanjem nivoa predajne snage, količine protoka simbola, veličine konstelacije, kodne šeme ili bilo koje kombinacije

ovih parametara. Zato, sa odgovarajućim BER, ove šeme omogućavaju veću srednju spektralnu efikasnost, prenoseći podatke većim brzinama u povoljnim uslovima kanala, odnosno smanjujući protok kada su uslovi kanala lošiji. MIMO (Multiple Input Multiple Output) sistem može se predstaviti kao proizvoljan bežični komunikacioni sistem čiji su predajni i prijemni podsistemi opremljeni nizom antenskih elemenata. Ideja koja se krije iza koncepta MIMO sistema jeste da se signal na predajnim i prijemnim antenama „kombinuje“ na poseban način radi smanjenja BER-a ili povećanja brzine prenosa podataka za svakog korisnika MIMO sistema. Kod MIMO sistema kanal se definiše definisanjem potkanala od svake predajne do svake prijemne antene. Ako pretpostavimo da su signali na antenama nekorelisani, geometrija antenskog niza postaje nebitna.

Korišćenje adaptivne modulacije ima nekoliko važnih prednosti u odnosu na konvencionalnu. U sistemima sa konvencionalnom modulacionom šemom, modulacija podnosilaca mora biti usklađena na odgovarajućem BER, bez obzira na uslove prenosa (dimenzionišu se za najgori slučaj). Zbog toga većina sistema koristi BPSK ili QPSK modulacione šeme (relativno niskih spektralnih efikasnosti, 1–2 b/s/Hz).

Sokolović Vlada, Vojna akademija, Beograd,  
Popović Veselin, 126.cVOJIN, Vojska Srbije

### **Poređenje metoda sinhronizacije signala u softverskom GPS prijemniku**

Rad je izložen u Sekciji 5 „Obrada signala (OS)“.

U radu su prikazane dve metode praćenja sinhronizacije GPS (*Global Positioning System*), signala, koji se mogu primeniti pri realizaciji softverskog GPS prijemnika. Opisane su *early-late*, DLL (*Delay Lock Loop*) i TDL (*Tau-dither Loop*) petlje praćenja koda, C/A-kod (*Coarse/Acquisition code*) i *Costas*-ova fazno zaključana petlja, PLL (*Phase Lock Loop*). Za svaku od analiziranih metoda prikazana je arhitektura i model realizacije u okviru softverskog GPS prijemnika. Na osnovu analize rezultata obrade signala primenom pojedinih petlji, izvedeni su zaključci o pogodnosti primene određene metode pri realizaciji GPS softverskog prijemnika.

Povećanje fleksibilnosti i smanjenje cene GPS (*Global Positioning System*), uređaja za komercijalnu upotrebu, uključujući i mobilne uređaje, moguće je ostvariti primenom tehnologije softverskog radija SDR (*Software Defined Radio*). Primenom SDR ostvaruje se mogućnost zamene pojedinih hardverskih komponenti u GPS prijemniku. Obrada signala u okviru SDR, realizuje se pomoću programabilnih DSP (*Digital Signal Processing*) ili FPGA (*Field Programmable Gate Array*) kola, što

omogućava jednostavnu promenu algoritama digitalne obrade signala i jednostavnu promenu parametara prijemnika. Platforma razvijena na bazi SDR tehnologije, pogodna je za razvoj i ispitivanje uređaja uz mogućnost povezivanja sa drugim uređajima. Programski paket MATLAB pruža pogodno okruženje za realizaciju algoritama digitalne obrade signala i grafički prikaz za prikazivanje rezultata u toku obrade signala u određenim trenucima i stanjima pri procesu obrade signala. Metodi praćenja sinhronizacije GPS signala, koji se mogu primeniti pri realizaciji softverskog GPS prijemnika su *early-late*, DLL (*Delay Lock Loop*) i TDL (*Tau-dither Loop*) petlje praćenja koda, C/A-kod (*Coarse/Acquisition code*) i *Costas*-ova fazno zaključana petlja, PLL (*Phase Lock Loop*). Za svaki od analiziranih metoda prikazan je model i arhitektura realizacije u okviru softverskog GPS prijemnika. Poređenje rezultata izvršeno je putem teorijske analize i postupka računarske simulacije, i to posmatranjem toka obrade signala od ulaznog kola do konačnog izračunavanja pozicije prijemnika. Na osnovu dobijenih rezultata izvedeni su zaključci o pogodnosti primene pojedinih metoda i algoritama obrade signala za realizaciju softverskog GPS prijemnika. Kritička analiza postupaka obrade signala izvršena je primenom stacionarnog prijemnika na signalu L1, i pomoću ulaznog kola SE4010. Softverski GPS prijemnik, korišćen u ovom radu, realizovan je primenom programskog paketa MATLAB, u kojem je i simuliran tok obrade signala.

Bondžulić Boban, Vojna akademija,

Petrović Vladimir, Imaging Science and Biomedical Engineering,  
University of Manchester

#### **Ivična objektivna procena kvaliteta slike**

Rad je izložen u Sekciji 5 „Obrada signala (OS)“.

U radu je predložena mera za objektivnu procenu kvaliteta monohromatske slike. Mera je zasnovana na poređenju vizuelnih informacija izvorne i test-slike, pri čemu su vizuelne informacije povezane sa ivicama slike. Valjanost predložene mere ispitana je na bazi slika sa dostupnim subjektivnim procenama. Dobijeni rezultati ukazuju na to da se procene dobijene korišćenjem predložene mere slažu sa subjektivnim procenama.

Poslednjih godina svedoci smo naglog razvoja sistema za digitalnu obradu slike, kako u prezentovanju vizuelnih informacija, tako i u komunikacijama. Performanse ovih sistema znatno zavise od kvaliteta ulaznih i izlaznih slika. Kako je čovek posmatrač i korisnik najvećeg broja sistema za obradu slike, subjektivna procena je najpouzdaniji metod za evaluaciju kvaliteta. Međutim, da bi se dobili statistički relevantni rezultati, potreban je



reprezentativan uzorak posmatrača, eksperimente treba sprovesti u kontrolisanim uslovima, potrebno je sprovesti dodatnu obradu odgovora posmatrača, što sve zajedno čini subjektivnu procenu vremenski dugom, napornom i veoma skupom. Da bi se izbegla subjektivna procena, potrebna je procedura za automatsku procenu kvaliteta. Procedura automatske procene naziva se objektivna procena. Uz softversku implementaciju vreme procene se smanjuje od dana i nedelja do nekoliko sekundi ili minuta. Osnovni cilj automatske procene kvaliteta slika/videa jeste da se dobiju predikcije koje su u dobroj korelaciji sa prosečnom subjektivnom procenom (MOS – mean opinion score). Idealna objektivna mera za procenu kvaliteta treba da bude primenljiva kod različitih tipova distorzije, da kvantitativno obuhvati različite stepene distorzije i da uzme u obzir raspodelu grešaka koje se javljaju. Prema količini informacija izvorne slike koja se koristi u postupku procene kvaliteta na prijemnoj strani (strani posmatrača), objektivne mere za procenu kvaliteta slike mogu se podeliti u tri kategorije, bez referenciranja (NR – noreference), sa potpunim referenciranjem (FR – fullreference) i sa delimičnim referenciranjem (RR – reducedreference). Najčešće korišćene objektivne mere za procenu kvaliteta/distorzije su srednja kvadratna greška (MSE), odnos signal/šum (SNR) i vršni odnos signal/šum (PSNR), ali su ove mere često kritikovane, jer ne daju rezultate koji su u potpunosti u skladu sa subjektivnim procenama. Od tehnika koje se koriste za objektivnu procenu kvaliteta, zbog dobre predikcije subjektivnih procena, izdvajaju se: indeks strukturne sličnosti (Structural Similarity Index – SSIM), multivelećinski indeks strukturne sličnosti (Multi-Scale Structural Similarity Index – MSSSIM) i VIF metod (Visual Information Fidelity – VIF). Za poređenje informacija izvorne i test-slike u radu je predložen FR pristup. Navedeni pristup proistekao je iz pristupa koji se koristi u proceni kvaliteta sjedinjavanja monohromatskih slika, gde se očuvanje prostornih informacija evaluira kroz gradijentnu reprezentaciju. Gradijentna procena polazi od ideje da je prenos (kompresija, degradacija) kojim se prenese više gradijentnih informacija bolji. Predloženi pristup je upoređen sa PSNR, SSIM, MS-SSIM i VIF na LIVE bazi slika.

Pokrajac Ivan, VP 1100 Beograd,

Vučić Desimir, Računarski fakultet, Beograd,

Okiljević Predrag, Vojnotehnički institut, Beograd

#### **Ciklostacionarna analiza UWB IR signala sa TH-PPM**

Rad je izložen u Sekciji 5 „Obrada signala (OS)“.

U ovom radu analizirana je mogućnost analize (procene parametara) širokopojasnih signala na bazi impulsnog radija. Procena parametara širokopojasnih signala na bazi impulsnog radija ima značaj sa aspekta sinhroni-

zacije i podešavanja komunikacionog para prijemnik–predajnik. Pored ova, analiza signala ima jednu od ključnih uloga u sistemima za elektronsko ratovanje. Za procenu parametara širokopojasnih signala korišćena je ciklostacionarna analiza signala. U radu je pokazano da je korišćenjem ciklostacionarne analize moguće proceniti sve potrebne parametre širokopojasnih signala koji koriste tehniku vremenskog skakanja, kao što su simbolička brzina, trajanje impulsa, broj frejmova. U radu su prikazani simulacioni rezultati koji potvrđuju mogućnost ove primene ciklostacionarne analize.

Nagli razvoj tehnologije omogućio je i uspešnu primenu bežičnih telekomunikacionih sistema u komercijalne svrhe. Prelazak sa analognih na digitalne ćelijske sisteme, uvođenje u upotrebu treće i četvrte generacije mobilnih radio-sistema, kao i zamena kablovskih veza sa Wi-Fi i Bluetooth omogućilo je korisnicima pristup širokom spektru informacija sa bilo koje pozicije u bilo kom trenutku. S obzirom na to da korisnici zahtevaju veće kapacitete, brže servise i bolju sigurnost u prenosu podataka, nove tehnologije treba da nađu mesto u već prezauzetom radio-frekvencijskom (RF) spektru. Jedno od rešenja koje omogućava prevazilaženje problema ograničenosti RF spektra jeste korišćenje tehnologije širokopojasnih signala (Ultra-wideband – UWB). UWB telekomunikacioni sistemi se u osnovi razlikuju od svih ostalih tehnika prenosa signala, jer koriste ekstremno uske RF impulse za komunikaciju između predajnika i prijemnika. Korišćenje impulsa sa veoma kratkim vremenskim trajanjem (reda *ns*) ima za posledicu stvaranje signala koji zauzima veoma široki frekvencijski opseg. Korišćenje impulsa sa kratkim vremenom trajanja omogućava povećanje brzine prenosa, bolju zaštitu od ometanja, visoku vremensku rezoluciju, malu verovatnoću presretanja i koegzistenciju sa postojećim radio-servisima. Kod UWB impulsnog radija (UWB-IR) najčešće se koristi impulsna položajna modulacija (IPM). Različite tehnike višekorisničkog pristupa mogu se koristiti u UWB-IR telekomunikacionim sistemima, među kojima je najatraktivnija tehnika bazirana na vremenskom skakanju (Time Hopping – TH). U dostupnoj literaturi, među metodama koje su najzastupljenije u sistemima za elektronsko ratovanje ubraja se i ciklostacionarna analiza signala. Tehnike obrade ciklostacionarnih signala (CSP-Cyclostationary Signal Processing) koriste inherentne periodičnosti signala (prvog, drugog i većeg reda) i imaju značajne prednosti u detekciji, klasifikaciji i proceni parametara ciklostacionarnih signala u odnosu na klasične stacionarne metode. Periodičnosti se ispoljavaju kroz korelaciju razdvojenih spektralnih komponenti kao spektralna redundansa. Frekvencija razdvajanja  $\alpha$  naziva se ciklična frekvencija. Korišćenje ove spektralne redundanse znatno poboljšava performanse analize i obrade signala. Ciklostacionarna obrada signala omogućava selektivnu detekciju signala koji se vremenski i frekvencijski preklapaju sa drugim neželjenim signalima, interferencijom i šumom. U ovom radu izvršena je ciklična spektralna analiza UWB IR sistema koji koriste impulsnu položajnu modulaciju (Pulse-Position Modulation – PPM) i vremensko skakanje kao tehniku višekorisničkog pristu-

pa (TH-PPM). Pri cikličnoj spektralnoj analizi signala korišćena je metoda sa frekvencijskim usrednjavanjem (Digital Frequency Smoothing Method – DFSM). U radu su dati neki specifični rezultati dobijeni cikličnom spektralnom analizom UWB IR sistema koji koristi binarnu PPM (TH-BPPM).

Popović Veselin, 126.cVOJIN, Vojska Srbije,  
Sokolović Vlada, Vojna akademija, Beograd

### **Poređenje testova hipoteza u procesu praćenja radarskih ciljeva**

Rad je izložen u Sekciji 5 „Obrada signala (OS)“.

U ovom radu izvršena je komparativna analiza testova hipoteza u algoritmima za praćenje više ciljeva. Praćenje više ciljeva je funkcija radarskog sistema povezana sa postojanjem određenog sektora osmatranja koji se pretražuje radarskim snopom i periodičnu ekstrakciju ugaonih koordinata (azimuta i elevacije), daljine i brzine ciljeva koji su otkriveni unutar datog sektora.

Prepoznavanje oblika generalno pokriva širok spektar problema i teško je pronaći unifikovano gledište na rešavanje problema. Primenu je našlo u spektru inženjerskih problema, kakvi su razni čitači karaktera, analize talasnih oblika, modelovanje funkcija mozga u biologiji i psihologiji, te praćenje ciljeva u vazduhu i na zemlji, kako u civilnim tako i u vojnim primenama. Mnoge važne primene prepoznavanja oblika mogu se okarakterisati ili kao klasifikacija nekih signala ili kao klasifikacija geometrijskih oblika. Osnovni cilj prepoznavanja oblika jeste da se donese odluka kojoj kategoriji posmatrani uzorak pripada. Na osnovu opservacija ili merenja formira se vektor merenja koji služi kao ulaz u pravilo odlučivanja kroz koje se ovaj vektor pridružuje nekoj od analiziranih klasa. Pretpostavimo da je merni vektor slučajni vektor čija uslovna funkcija gustine verovatnoće zavisi od klase. Ukoliko su ove uslovne funkcije gustina verovatnoće poznate, tada se problem prepoznavanja oblika svodi na problem statističkog testiranja hipoteza. Posmatrajmo za početak slučaj dve klase čije su apriorne verovatnoće pojavljivanja poznate, kao i odgovarajuće aposteriorne funkcije gustine verovatnoće mernih vektora. U radu su sagledani statistički koncepti sa strane prepoznavanja oblika u procesu praćenja.

Petošević Vladimir, Vojna akademija, Beograd

### **Softver, protokoli i kodeksi video konferencije**

Rad je izložen u Sekciji 9 „Multimedija (MM)“.

Videokonferencija je tokom poslednjih pet godina postala veoma popularna zbog dostupnosti opreme, prihvatljive cene i lakoće rukovanja, uz mogućnost postizanja značajnih efekata u komunikaciji. Iznajmljene linije su svakako skupe i teško opravdavaju troškove, tako da je bilo neophodno

da budu prevaziđene. Uvođenje dial-up digitalne konekcije kroz telefonske kompanije i pristup internetu sada su učinili troškove konekcije sa udaljenim sajtovima prihvatljivijim široj grupi korisnika. Videokonferencija obezbeđuje mnoge uzbudljive mogućnosti i sadržaje kojima može da podrži personalne i profesionalne aktivnosti. Društvene organizacije mogu koristiti videokonferenciju za podršku značajnim događajima, a privatan biznissektor kao pomoćno sredstvo u komunikaciji i rešavanju iznadanjih situacija na velikoj udaljenosti gde su veliki troškovi službenih putovanja.

Videokonferencijska tehnologija omogućava da dvoje ili više ljudi na različitim lokacijama vide i čuju jedno drugo u isto vreme i tako nesmetano komuniciraju u realnom vremenu. Zvuk i slika se prenose elektronski u digitalnom formatu, čime se obezbeđuje simultana interaktivna komunikacija. U tom smislu treba razumeti kompjuterske aplikacije, web stranice, kataloge biblioteka i softvere. Nazire se da je to novi brzorazvojni medij sa velikim potencijalom uštede značajnih vrednosti i troškova. U današnjoj klimi kontinualnog gledanja i traženja novih puteva smanjenja troškova, u biznisu, edukaciji ili državnoj upravi, investicije u video konferencijske olakšice mogu potvrditi i pokazati se kao značajna vrednosna i funkcionalna prednost. Jedan od puteva presecanja i smanjenja troškova jeste u tome da zaposleni smanje rasipanje energije i radnog vremena i učine efikasnijim vreme za koje su plaćeni u toku putovanja.

Miličević Zoran, Uprava za telekomunikacije i informatiku GŠ VS, Beograd,

Bojković Zoran, Univerzitet u Beogradu

#### **Kombinovani metod za intra/interpredikciju kod standarda H.264/AVC**

Rad je izložen u Sekciji 9 „Multimedija (MM)“.

U radu je predstavljen metod koji kombinuje selektivnu intrapredikciju i optimiziranu interpredikciju. Rezultati simulacije pokazuju da je računarsko vreme smanjeno u proseku oko 22% i 23%, zavisno od vrednosti parametra kvantizacije, kroz redukovanje broja modova kandidata kod inter i intrapredikcije. Broj modova kandidata redukovan je oko 90% kod intra-predikcije i 40% kod interpredikcija.

H.264/AVC je video kodni standard koji su zajednički razvili eksperti iz JVT (Joint Video Team), odnosno ITU-T VCEG i ISO/IEC MPEG komiteta za standardizaciju.

Standard H.264/AVC u poređenju sa prethodnim standardima obezbeđuje veću kompresiju, efikasnije kodovanje video sadržaja, kao i niže bitske protoke uz mnogo prihvatljiviji perceptualni kvalitet. Takođe, standard podržava fleksibilnost u kodovanju, kao i organizaciju kodovanih po-

dataka, tako da je povećana otpornost na greške i gubitke. Poboljšanje kodnih performansi produkt je uglavnom dela za predikciju. Međutim, kao što se može i očekivati, sa povećanjem kodne efikasnosti i fleksibilnosti dolazi i do povećanja kompleksnosti samog koda. H.264 koristi različite metode za redukciju kompleksnosti implementacije. H.264/AVC video kodni standard, pored dvoslojne arhitekture (mrežni apstraktni sloj i video kodni sloj), obuhvata i široku paletu alata koji se mogu svrstati u: alate za *povećanje efikasnosti i preciznosti predikcije* (kompenzacija pokreta sa promenljivom veličinom blokova, višestruke referentne slike, tačnost vektora pokreta od jedne četvrtine odbirka, predikcija težinskih koeficijenata, prostorna predikcija za intrakodovane slike, vremenska predikcija za interkodovane slike, debloking filter, izračunavanje transformacije na blokovima veličine 4x4 piksela, sekundarna Hadamardova transformacija, korišćenje 16-bitne aritmetike u izračunavanju transformacije, umesto 32-bitne iz prethodnih standarda); alate za *entropijsko kodovanje sa visokim odnosom kompresije* (binarno aritmetičko adaptivno kodovanje CABAC (Context Adaptive Binary Arithmetic Coding) i adaptivno kodovanje sa promenljivom kodnom reči CAVLC (Context Arithmetic Variable Length Coding, CAVLC)) i • alate za *robustnost i otpornost na greške* (komutirani SI i SP isečci, redundanti isečak, deljenje podatka, fleksibilni raspored makroblokova, proizvoljan raspored isečaka, itd.). Poboljšanje performansi kodovanja proističe, uglavnom, iz dela za predikciju. Intrapredikcija znatno poboljšava performanse kodovanja koristeći prostornu redundansu između susednih makroblokova. Kod H.264, ako je makroblok kodovan u *intramodu*, predikcija je izvedena na bazi prethodno kodovanih i rekonstruisanih blokova i oduzeta je od trenutnog bloka pre kodovanja. Postoji ukupno 9 modova predikcije za svaki 4x4 lumentni blok (DC i 8 usmerenih), 4 moda predikcije za svaki 16x16 lumentni blok (vertikalni, horizontalni, DC, ravni) i 4 moda predikcije za hrominentne komponente (DC, horizontalni, vertikalni, ravni). Sa druge strane, interpredikcija, koja koristi vremensku redundansu između frejmova, poboljšana je estimacijom pokreta sa preciznošću od  $\frac{1}{4}$  za vektore pokreta, blokovima promenljive veličine, višestrukim referentnim slikama i poboljšanim prostorno-vremenskim direktnim modom. *Inter-predikcija* kreira model predikcije na osnovu jedne ili više prethodno dekodovanih video slika koristeći blokbaziranu kompenzaciju pokreta. Važna razlika u odnosu na prethodne standarde je korišćenje različite/promenljive veličine bloka (16x16, 8x16, 16x8, 8x8, 4x8, 8x4, 4x4) i pod-odbiraka vektora pokreta ( $\frac{1}{4}$  rezolucije za lumentnu komponentu i  $\frac{1}{8}$  za hrominentne komponente slike). Standard H.264 podržava više modova interpredikcije: prediktivni, biprediktivni, skip i direktni mod. Za određene aplikacije H.264/AVC definiše skup od sedam *profila* [7]. Profili definišu skup kodnih alata i algoritama koji se mogu koristiti pri generisanju odgovarajućeg toka bita. Takođe, za

svaki profil H.264/AVC definiše i skup nivoa i podnivoa. Aplikacije podržane sa H.264/AVC standardom su video konferencija i video telefonija, broadcast i streaming video, HD-DVD, BD-ROM, kao i DVB. Main (glavni) profil pored podrške za I slike, P slike i entropijsko adaptivno kodovanje sa promenljivom kodnom reči (CAVLC) omogućava i podršku za interlaced video, inter kodovanje sa korišćenjem B slika i težinske predikcije, kao i binarno aritmetičko adaptivno entropijsko kodovanje (CABAC) [9]. Aplikacije podržane sa glavnim profilom su: broadcast TV, video memorisanje i studijska distribucija. Takođe, Rate-Distortion Optimizacija (RDO) veoma je efikasan alat koji je prihvatio H.264/AVC kodeks za određivanje moda kodovanja za makroblokove i koji donosi veću efikasnost kodovanja. Međutim, zbog preciznijeg proračuna trenutne distorzije makroblokova i kodovanih bita za svaki mod kodovanja, mod odluke koji se bazira na RDO sadrži veću kompleksnost izračunavanja. Rad je organizovan na sledeći način: prvo poglavlje je uvodno, drugo detaljno objašnjava predloženi kombinovani metod za intra/interpredikcije, u trećem poglavlju prikazani su i obrazloženi eksperimentalni rezultati, a poslednje poglavlje sadrži zaključna razmatranja.

Fejsov Nikola, Krstić Miloš, Tubin Ivan, Vojna akademija, Beograd

### **Razvoj alata za steganografiju**

Rad je izložen u Sekciji 11 „Studentska sekcija (S)“.

U radu je opisana mogućnost primene steganografije za prenošenje slika. U ovu svrhu korišćen je steganografski program koji su autori sami izradili. Prikazani su rezultati obrade slike ovim programom i neki njegovi nedostaci.

Istraživanje obaljeno u svrhu ovog rada počiva na potrebi da se razvije jednostavan alat za steganografsku obradu slike, za korisnike kojima nije neophodna velika kriptografska vrednost, ali im treba određeni nivo tajnosti pri komunikaciji. Steganografija je naučna disciplina koja se bavi prikrivenom razmenom informacija. Reč steganografija potiče od grčkih reči „steganos“ i „graphein“, što u bukvalnom prevodu znači „skriveno pisanje“. Osnovni princip steganografije zasniva se na korišćenju medija koji je dostupan širokoj populaciji, unutar kojeg se umeće informacija koja se želi sakriti. Savremena steganografija, zasnovana na mogućnostima digitalne tehnologije, uglavnom je usmerena na sakrivanje tajne poruke unutar sadržaja nekog multimedijalnog fajla, npr. slike, audio ili video fajlova. Multimedijalni fajlovi, po pravilu, sadrže neiskorišćene bite koji se na različite načine koriste kako bi se u njima prikrija poruka. Prednost ovakvog načina prikrivanja informacija ogleda se u tome da se razmena informacija obavlja bez izazivanja sumnje da komunikacija uopšte postoji. Steganografija nudi širok spektar mogućnosti primene, od skrivene razmene informacija u privatne i poslovne svrhe, sve do zaštite autorskih

prava u obliku vodenog pečata. Ipak, zbog svog suštinskog principa „nevidljivosti“ informacija često se koristi i prilikom ilegalnih aktivnosti. Steganografija podrazumeva prikrivanje tajne poruke, ali ne i činjenice da dve strane međusobno komuniciraju. Zbog toga proces steganografije obično uključuje umetanje skrivene informacije unutar nekog prenosnog medija. Takav medij se naziva nosilac i ima ulogu prikrivanja postojanja skrivene informacije. Sakrivena poruka i nosilac zajedno čine jednu celinu koja se naziva stego ili steganografski medij. Radi veće kriptografske vrednosti sakrivena informacija se pre umetanja u nosilac može kriptovati.

Telenor fondacija dodelila je drugu nagradu „Prof. dr Ilija Stojanović“, za doprinos u oblasti telekomunikacija u kategoriji studentskih radova, radu „Razvoj alata za steganografiju“. Autori rada Nikola Fejsov, Miloš Krstić i Ivan Tubin su kadeti 130. klase Vojne akademije, smer EI i PED.

Nagradu „Prof. dr Ilija Stojanović“ ustanovila je 2007. godine „Telenor fondacija“ u znak sećanja na akademika koji je bio tvorac modernih telekomunikacija na prostoru nekadašnje SFRJ. Nagrada se dodeljuje najuspešnijim studentima, mladim naučnicima i istraživačima za doprinos u oblasti telekomunikacija. Profesor Stojanović je bio osnivač katedre za telekomunikacije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, gde je i počeo njegov rad, a bio je i učitelj skoro svih generacija današnjih iskusnih inženjera telekomunikacija, koji su sada nosioci ove industrije.

Datum prijema članka: 1. 12. 2009.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje: 3. 12. 2009.

## SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA

### *Prvi let ruskog lovca pete generacije Suhoj T-50-1\**



Prvi let ruskog lovca pete generacije T-50–1 uspešno je obavljen sa vojnog aerodroma Dzemgi u Komsomolsku na Amuru 29. januara 2010. godine, u 11.24 po lokalnom vremenu. Let je trajao 47 minuta, a pilotirao je Sergej Bogdan, pilot koji ima zvanje zaslužnog pilota Rusije.

Avion T-50 koji je izrađen u kompaniji „Suhoj“ smatra se tehnički naj-složenijim projektom u novijoj istoriji Rusije. Započet je još osamdesetih godina, kada su i Amerikanci započeli proizvodnju novog teškog lovca. Početkom devedesetih Amerikanci su izradili prototip „nevidljivog“ F-22 „raptor“. Otprilike u isto vreme u fabrici MIG nastao je i prototip ruskog aviona. Međutim, zbog nedostatka sredstava dalji rad u Rusiji je obustavljen. Tek posle deset godina konstruktorski biro „Suhoj“, uz pomoć indijskih stručnjaka, nastavio je rad. Ruski avion neće se mnogo razlikovati od američkog F-22, ali ima i neke inovacije – smanjenje takozvanog parametra rasejavanja, što avion čini manje „vidljivim“, a što ruski i američki stručnjaci rešavaju na razne načine.

Novi avion izrađen je uz primenu stelt tehnologije koja smanjuje „vidljivost“ aviona za optičke, infracrvene i radarske dijapazone talasa.

\* Prema podacima iz Politike, 30. 01. 2010. godine.



Avion će moći da leti u svim meteorološkim uslovima, u bilo koje doba dana i noći. Suhoj T-50–1 ima veliku mogućnost manevrisanja i sposobnost da uzleti i sleti na površini od 300 do 400 kvadratnih metara.

Tehničke karakteristike ovog ruskog „nevidljivog“ aviona su tajna. Dobro upućeni stručnjaci smatraju da će moći da razvija brzinu od 2.600 km/h, da leti do 5.500 km uz mogućnost višestrukog dopunjavanja rezervoara u vazдушnom prostoru. Suhoj T-50–1 biće naoružan sa jednim ili dva topa kalibra 30 mm. Pored dva bunkera koja služe za smeštaj raketa unutar aviona, rakete se mogu „okačiti“ i sa spoljašnje strane. To, ipak, povećava vidljivost aviona, ali je glavni cilj konstruktora bio da poveća njegovu sposobnost da pronalazi ciljeve na zemlji i u vazдушnom prostoru i da ih pogodi sa maksimalne udaljenosti. Drugim rečima, avion će biti u mogućnosti da, ostajući što manje „vidljiv“, presretne i gađa američki „nevidljivi“, ukoliko bi se on, eventualno, našao na ruskoj teritoriji.

U odnosu na lovce četvrte generacije, novi suhoj T-50–1 ima veće mogućnosti manevrisanja, leti dalje, a može da pogodi istovremeno nekoliko ciljeva. Ima visokointegrirani sistem upravljanja sa programom „pomoć pilotu“ koji pilota oslobađa mnogih rutinskih poslova i omogućava mu da se koncentriše samo na ispunjavanje tehničkih zadataka. Zahvaljujući mogućnostima sadejstva sa drugim avionima i nadzemnim stanicama (tj. dobijanja podataka od „isturenih“ osmatrača), „nevidljivi“ suhoj T-50–1 može da dobije informacije ne uključujući svoje radare, što ga čini gotovo neprimetnim.

Pres-sluzba kompanije „Suhoj“ objavila je da avion pete generacije ima potpuno novi kompleks avionike koji integriše funkciju „elektronskog pilota“ i perspektivnu radarsku stanicu. „Primena kompozitnih materijala i inovacionih tehnologija, aerodinamična linija aviona, izmene u motoru, obezbeđuju veoma nizak nivo radarske, optičke i infracrvene vidljivosti“, kaže se u saopštenju.

Interesantno je da je, sve do današnjeg dana, sve što je u vezi sa ovim avionom bilo strogo i uspešno čuvana tajna. Avion je pre predstavljanja javnosti prefarban, jer bi „stručno oko“ po izgledu moglo odrediti od kog je materijala izrađen. Čak ni njegova fotografija (iako se tvrdi da su je neki mediji imali) nije se pojavila u javnosti do obaveštenja da je ispitivanje uspešno obavljeno. Ruski mediji ističu da u tome ima i elementa sujeverja koji važe svuda u svetu: ne sme se fotografisati pre prvog leta, do spuštanja na zemlju ne objavljuje se ime pilota, probni letovi se ne obavljaju ponedeljkom ...

Pri predstavljanju suhoja T-50–1 ruski premijer Putin izjavio je da će prva serija aviona lovaca pete generacije biti isporučena Ministarstvu odbrane 2013. godine.

## Novi displej u kabini aviona F-16\*

*Elbit Systems*, jedan od najvećih proizvođača namenske elektronike, razvio je novi displej visoke rezolucije za pilotsku kabinu borbenog aviona F-16. U toku je njegovo testiranje u letu, nakon čega sledi lako i jeftino ugrađivanje u sve postojeće modele tog aviona.



Ta nadogradnja uključuje zamenu postojeće središnje instrumentalne konzole, sa ekranom veličine 10x10 cm, smeštene između nogu pilota, sa novom kolor višefunkcionalnom displej jedinicom (*Multifunctional Display – MFD*) veličine 15x20 cm. Na ovom displeju pilot može jednim pritiskom na dugme da objedini više funkcionalnih prikaza (osnovni letni instrumenti, radarski prikaz i mapa leta). Veći ekran omogućava korišćenja svih prednosti povećane rezolucije senzora i sistema koji su danas u upotrebi. Displej je spregnut sa namenski razvijenim avionskim personalnim računarom (PC). Međutim, problem je što su ti računari skloni „padu sistema“, pa se zbog toga ne smatraju odgovarajućom platformom za podršku avionskim sistemima kritičnim za let, poput avionike i letnih displeja. Problem je rešen tako da PC neće pokretati avioniku, nego će se samo koristiti za prikaz slike na višefunkcionalnom displeju. To što *MFD* ni na koji način ne utiče na rad avionskog softvera za let (povezuje se na avionski računar putem standardnog *USB* kabla) znači da se nadogradnja može izvršiti bez ponovne sertifikacije avionskog softvera (što bi, inače, moglo da potraje i do dve godine).

\* Prema podacima iz „Jane’s Defence weekly, volume 47, issue 6, 10 february 2010“.

Proizvođač navodi da ugradnja jednog takvog nezavisnog PC-ja omogućava dodavanje još elemenata neophodnih avionu, a nimalo ne ugrožava rad njegovog sistema za upravljanje letom.

### *KoV SAD započeo testiranje egzoskeleta HULC\**

Grupa za nauku i tehnologiju pri KoV SAD otpočela je testiranje hidrauličko-mehaničkog egzoskeleta, projektovanog da omogući vojnicima da nose teret do 91 kg.



Firma Lockheed Martin (*Lockheed Martin*) proizvela je ljudski univerzalni nosač tereta (*Human Universal Load Carrier – HULC*), a ocenu njegovog kvaliteta u terenskim uslovima izvršio je Natički centar za istraživanje, razvoj i tehniku za potrebe vojnika, lociran u gradiću Natick, u saveznoj državi Masačusets, SAD. Natički centar ocenjivaće uticaj *HULC*-a na radnu sposobnost vojnika i utvrditi da li smanjuje mogućnost povrede zglobova koje nastaju usled nošenja suviše teške opreme. Terensko opitovanje okončaće se krajem leta 2010. godine, a u trećem kvartalu će otpočeti procedura za uvođenje u operativnu upotrebu.

*HULC*-ove noge, izrađene od titanijuma, težine 24 kg (bez baterija), projektovane su da nose dodatnih 91 kg tereta. Sistem ima kukove i kolena na mehanički pogon, koji pomoću ugrađenog računara reaguje na pokrete korisnika. Osim kretanja napred i nazad, on omogućava bočne po-

\* Prema podacima iz „Jane’s Defence weekly, volume 47, issue 4, 27 january 2010“.

krete, kao i klečanje. Prema navodima proizvođača, za korišćenje ovog sredstva vojnicima je neophodna obuka od svega nekoliko sati tokom jednonedeljnog kursa, na kojem se ovladava inercijalnim pokretima i svim mogućnostima koje ta oprema pruža korisniku.

Sistem *HULC* je relativno skup, zbog toga što je izrađen od titanijuma, ali će testiranja u Natičkom centru ukazati na mogućnosti konstruisanja jeftinije verzije. U međuvremenu, Lokid Martin planira da do kraja trećeg kvartala tekuće godine kompletira sistem *HULC* za ekstremne uslove eksploatacije, koji će biti pouzdaniji, trajniji i otporniji, naročito pri rukovanju u nepovoljnim vremenskim uslovima. Sistem će moći da se koristi u misijama koje traju i duže od 72 sata i koristiće energetske izvor na bazi gorivnih ćelija, koje će se, pored pokretanja egzoskeleta, moći koristiti i za ostalu opremu koja je na upotrebi kod korisnika.

Pruredili Tepšić *Milan* i Gaćeša *Nebojša*

**POZIV I UPUTSTVO AUTORIMA O NAČINU PRIPREME ČLANKA**

Uputstvo autorima o načinu pripreme članka za objavljivanje u *Vojnotehničkom glasniku* urađeno je na osnovu Akta o uređivanju naučnih časopisa, Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, evidencioni broj 110-00-17/2009-01, od 09. 07. 2009. godine. Primena ovog Akta prvenstveno služi unapređenju kvaliteta domaćih časopisa i njihovog potpunijeg uključivanja u međunarodni sistem razmene naučnih informacija. Zasnovano je na međunarodnim standardima ISO 4, ISO 8, ISO 18, ISO 215, ISO 214, ISO 18, ISO 690, ISO 690-2, ISO 999 i ISO 5122, odnosno odgovarajućim domaćim standardima.

*Vojnotehnički glasnik* je naučni časopis Ministarstva odbrane Republike Srbije, koji objavljuje naučne i stručne članke, kao i tehničke informacije o savremenim sistemima naoružanja i savremenim vojnim tehnologijama. Časopis prati jedinstvenu intervidovsku tehničku podršku Vojske na principu logističke sistemske podrške, oblasti osnovnih, primenjenih i razvojnih istraživanja, kao i proizvodnju i upotrebu sredstava NVO, i ostala teorijska i praktična dostignuća koja doprinose usavršavanju pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije.

Vojnotehnički glasnik je, na osnovu analize Centra za evaluaciju u obrazovanju i nauci – CEON (<http://ceon.rs/>) i odluke Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, svrstan u kategoriju naučni časopisi (M53). Usvojene liste domaćih časopisa mogu se videti na:

[http://www.nauka.gov.rs/cir/index.php?option=com\\_content&task=view&id=930&Itemid=43](http://www.nauka.gov.rs/cir/index.php?option=com_content&task=view&id=930&Itemid=43)

Podaci o kategorizaciji mogu se pratiti i na sajtu KOBSON-a (Konzorcijum biblioteka Srbije za objedinjenu nabavku):

<http://nainfo.nb.rs/kobson.82.html> ili <http://nainfo.nb.rs/kategorizacija>. Pristup ovoj stranici omogućen je samo sa računara koji su priključeni na internet preko Akademske računarske mreže.

Kategorizacija časopisa izvršena je prema Pravilniku o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučnoistraživačkih rezultata istraživača, koji je propisao Nacionalni savet za naučni i tehnološki razvoj (Službeni glasnik RS, broj 38/2008). Detaljnije informacije mogu se pronaći na sajtu Ministarstva za nauku:

[http://www.nauka.gov.rs/cir/index.php?option=com\\_content&task=view&id=621&Itemid=37](http://www.nauka.gov.rs/cir/index.php?option=com_content&task=view&id=621&Itemid=37)

U skladu sa ovim pravilnikom i tabelom o vrsti i kvantifikaciji individualnih naučnoistraživačkih rezultata (u sastavu Pravilnika), objavljeni rad u *Vojnotehničkom glasniku* vrednuje se sa 1 (jednim) bodom. Časopis se prati u kontekstu Srpskog citatnog indeksa – SCindeks (baza podataka domaćih naučnih časopisa – detalji dostupni na sajtu <http://scindeks.nb.rs>) i podvrgnut je stalnom vrednovanju (monitoringu) u zavisnosti od uticajnosti (impakta) u samoj bazi i, dopunski, u međunarodnim (Thompson-ISI) citatnim indeksima.

Članci se dostavljaju Redakciji elektronskom poštom na adresu [vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs](mailto:vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs) (arial, srpska latinica, veličina slova 11 pt, pored exactly).

Članak treba da sadrži sažetak sa ključnim rečima, uvod, razradu, zaključak, literaturu i rezime sa ključnim rečima na engleskom jeziku (bez numeracije naslova i podnaslova). Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica formata A4 sa poredom single).

Obrazac za pisanje članka u elektronskoj formi može se preuzeti sa adrese [www.dibid.mod.gov.rs/casopisi.php](http://www.dibid.mod.gov.rs/casopisi.php).

### **Naslov**

Naslov treba da odražava temu članka. U interesu je časopisa i autora da se koriste reči prikladne za indeksiranje i pretraživanje. Ako takvih reči nema u naslovu, poželjno je da se pridoda i podnaslov. Naslov treba da bude preveden i na engleski jezik.

Ovi naslovi ispisuju se ispred sažetka na odgovarajućem jeziku.

### **Tekući naslov**

Tekući naslov se ispisuje u zaglavlju svake stranice članka radi lakše identifikacije, posebno kopija članaka u elektronskom obliku. Sadrži prezime i inicijal imena autora (ako autora ima više, preostali se označavaju sa „et al.“ ili „i dr.“), naslove rada i časopisa i kolaciju (godina, volumen, sveska, početna i završna stranica). Naslovi časopisa i članka mogu se dati u skraćenom obliku.

### **Ime autora**

Navodi se puno prezime i ime (svih) autora. Veoma je poželjno da se navedu i srednja slova autora. Prezimena i imena domaćih autora uvek se ispisuju u originalnom obliku (sa srpskim dijakritičkim znakovima), nezavisno od jezika na kojem je napisan rad.

### **Naziv ustanove autora (afilijacija)**

Navodi se pun (zvanični) naziv i sedište ustanove u kojoj je autor zaposlen, a eventualno i naziv ustanove u kojoj je autor obavio istraživanje. U složenim organizacijama navodi se ukupna hijerarhija (na primer, Vojna akademija, Katedra vojnih elektronskih sistema, Beograd). Bar jedna organizacija u hijerarhiji mora biti pravno lice. Ako autora ima više, a neki potiču iz iste ustanove, mora se, posebnim oznakama ili na drugi način, naznačiti iz koje od navedenih ustanova potiče svaki od navedenih autora. Afilijacija se ispisuje neposredno nakon imena autora. Funkcija i zvanje autora se ne navode.

### **Kontakt podaci**

Adresa ili e-adresa autora daje se u napomeni pri dnu prve stranice članka. Ako autora ima više, daje se samo adresa jednog, obično prvog autora.

### **Kategorija (tip) članka**

Kategorizacija članaka obaveza je uredništva i od posebne je važnosti. Kategoriju članka mogu predlagati recenzenti i članovi uredništva, odnosno urednici rubrika, ali odgovornost za kategorizaciju snosi isključivo glavni urednik.

Članci u časopisima se razvrstavaju u sledeće kategorije:

Naučni članci:

1. originalan naučni rad (rad u kojem se iznose prethodno neobjavljeni rezultati sopstvenih istraživanja naučnim metodom);
2. pregledni rad (rad koji sadrži originalan, detaljan i kritički prikaz istraživačkog problema ili područja u kojem je autor ostvario određeni doprinos, vidljiv na osnovu autocitata);
3. kratko ili prethodno saopštenje (originalni naučni rad punog formata, ali manjeg obima ili preliminarnog karaktera);
4. naučna kritika, odnosno polemika (rasprava na određenu naučnu temu, zasnovana isključivo na naučnoj argumentaciji) i osvrti.

Izuzetno, u nekim oblastima, naučni rad u časopisu može imati oblik monografske studije, kao i kritičkog izdanja naučne građe (istorijsko-arhivske, leksikografske, bibliografske, pregleda podataka i sl.) – dotad nepoznate ili nedovoljno pristupačne za naučna istraživanja.

Radovi klasifikovani kao naučni moraju imati bar dve pozitivne recenzije.

Spisak recenzenata Vojnotehničkog glasnika može se videti na adresi [www.dibid.mod.gov.rs/casopisi.php](http://www.dibid.mod.gov.rs/casopisi.php).

Ako se u časopisu objavljuju i prilozi vannaučnog karaktera, naučni članci treba da budu grupisani i jasno izdvojeni u prvom delu sveske.

Stručni članci:

1. stručni rad (prilog u kojem se nude iskustva korisna za unapređenje profesionalne prakse, ali koja nisu nužno zasnovana na naučnom metodu);
2. informativni prilog (uvodnik, komentar i sl.);
3. prikaz (knjige, računarskog programa, slučaja, naučnog događaja, i sl.).

#### **Jezik rada**

Jezik rada može biti srpski, engleski ili drugi jezik koji se koristi u međunarodnoj komunikaciji u određenoj naučnoj oblasti.

Tekst mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, bez skraćenica (osim standardnih). Sve fizičke veličine moraju biti izražene u Međunarodnom sistemu mernih jedinica – SI. Redosled obrazaca (formula) označava se rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama.

#### **Sažetak (apstrakt) i rezime**

Sažetak (apstrakt) jeste kratak informativan prikaz sadržaja članka koji čitaocu omogućava da brzo i tačno oceni njegovu relevantnost. U interesu je uredništava i autora da sažetak sadrži termine koji se često koriste za indeksiranje i pretragu članka. Sastavni delovi sažetka su cilj istraživanja, metodi, rezultati i zaključak. Sažetak treba da ima od 100 do 250 reči i treba da se nalazi između zaglavlja (naslov, imena autora i dr.) i ključnih reči, nakon kojih sledi tekst članka. Ako je rad napisan na srpskom jeziku poželjno je da se, pored sažetka na srpskom, daje i sažetak u proširenom obliku na engleskom jeziku – kao tzv. rezime (summary). Ovakav rezime treba da bude na kraju članka, nakon odeljka Literatura. Važno je da rezime bude u strukturiranom obliku, a njegova dužina može biti do 1/10 dužine članka (opširniji je od sažetka na srpskom jeziku). Početak ovog rezimea može biti prevedeni sažetak na srpskom jeziku (sa početka članka), a zatim treba da slede prevedeni glavni naslovi, podnaslovi i osnove zaključka članka (literatura se ne prevodi). Potrebno je da se u strukturiranom rezimeu prevede i deo teksta ispod naslova i podnaslova, vodeći računa da on bude proporcionalan njihovoj veličini, a da odražava suštinu. Za rezime na engleskom jeziku Redakcija obezbeđuje lekturu.

#### **Ključne reči**

Ključne reči su termini ili fraze koje adekvatno predstavljaju sadržaj članka za potrebe indeksiranja i pretraživanja. Treba ih dodeljivati oslanjajući se na neki međunarodni izvor (popis, rečnik ili tezaurus) koji je najšire prihvaćen ili unutar date naučne oblasti. Za npr. nauku uopšte, to je lista ključnih reči Web of Science. Broj ključnih reči ne može biti veći od 10, a u interesu je uredništva i autora

da učestalost njihove upotrebe bude što veća. Ključne reči daju se na jezicima na kojima postoje sažeci. U članku se pišu neposredno nakon sažetaka, odnosno rezimea.

#### **Datum prihvatanja članka**

Datum kada je uredništvo primilo članak, datum kada je uredništvo konačno prihvatilo članak za objavljivanje, kao i datumi kada su u međuvremenu dostavljene eventualne ispravke rukopisa navode se hronološkim redosledom, na stalnom mestu, po pravilu na kraju članka.

#### **Zahvalnica**

Naziv i broj projekta, odnosno naziv programa u okviru kojeg je članak nastao, kao i naziv institucije koja je finansirala projekat ili program, navodi se u posebnoj napomeni na stalnom mestu, po pravilu pri dnu prve strane članka.

#### **Prethodne verzije rada**

Ako je članak u prethodnoj verziji bio izložen na skupu u vidu usmenog saopštenja (pod istim ili sličnim naslovom), podatak o tome treba da bude naveden u posebnoj napomeni, po pravilu pri dnu prve strane članka. Rad koji je već objavljen u nekom časopisu ne može se objaviti u *Vojnotehničkom glasniku* (preštamptati), ni pod sličnim naslovom i izmenjenom obliku.

#### **Tabelarni i grafički prikazi**

Poželjno je da naslovi svih prikaza, a po mogućstvu i tekstualni sadržaj, budu dati dvojezično, na jeziku rada i na engleskom jeziku.

Tabele se pišu na isti način kao i tekst, a označavaju se rednim brojevima sa gornje strane. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Crteže treba raditi u programu word ili corel. Fotografije i crteže treba postaviti na željeno mesto u tekstu.

#### **Navođenje (citiranje) u tekstu**

Način pozivanja na izvore u okviru članka mora biti jednoobrazan. U samom tekstu, u uglastim zagradama, obavezno napisati redni broj iz odeljka Literatura sa kraja članka, na mestu na kojem se vrši pozivanje, odnosno citiranje.

#### **Napomene (fusnote)**

Napomene se daju pri dnu strane na kojoj se nalazi tekst na koji se odnose. Mogu sadržati manje važne detalje, dopunska objašnjenja, naznake o korišćenim izvorima (na primer, naučnoj građi, priručnicima), ali ne mogu biti zamena za citiranu literaturu.

#### **Lista referenci (literatura)**

Citirana literatura obuhvata, po pravilu, bibliografske izvore (članke, monografije i sl.) i daje se isključivo u zasebnom odeljku članka, u vidu liste referenci. Reference se nabrajaju redosledom kojim se navode u tekstu. Reference se ne prevode na jezik rada i navode se u uglastim zagradama. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdanja, kao i broj stranice. Naslovi citiranih domaćih časopisa daju se u originalnom, punom ili skraćenom,



ali nikako u prevedenom obliku. Pri navođenju internet sajta kao literature navodi se i datum korišćenja. Obavezno je pozivanje na literaturu u samom tekstu članka (takođe se navodi brojevima u uglastim zagradama). Brojevi treba da odgovaraju spisku literature koji je dat u zasebnom odeljku, pri kraju članka.

Veoma je preporučljiva upotreba punih formata referenci koje podržavaju vodeće međunarodne baze namenjene vrednovanju, kao i Srpski citatni indeks, a propisani su uputstvima:

1. APA – Publication Manual of the American Psychological Association,
2. CBE – Council of Biology Editors Manual, Scientific Style and Format,
3. Chicago – The Chicago Manual of Style,
4. Harvard – Harvard Style Manual,
5. Harvard-BS – Harvard Style Manual – British Standard,
6. MLA – Modern Language Association Handbook for Writers of Research Papers i
7. NLM – The National Library of Medicine Style Guide for Authors, Editors, and Publishers.

Takođe, prihvaćeni su i formati dati u uputstvima:

1. American Chemical Society (ACS) Style Guide i
2. American Institute of Physics (AIP) Style Manual.

Nestandardno, nepotpuno ili nedosledno navođenje literature u sistemima vrednovanja časopisa smatra se dovoljnim razlogom za osporavanje naučnog statusa časopisa.

Pored članka dostavlja se propratno pismo u kojem treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, koji su grafički prilozi (fotografije i crteži) originalni, a koji pozajmljeni. Takođe, dostavlja se i srpski prevod rezimea na engleski (sažetka u proširenom i strukturiranom obliku), kako bi Redakcija izvršila lekturu, radi provere engleske verzije.

U propratnom pismu navode se i podaci autora: ime, srednje slovo, prezime, čin, zvanje, e-mail, adresa poslodavca (VP), kućna adresa, telefon na radnom mestu i kućni (mobilni) telefon, račun i naziv banke, SO mesta stanovanja i JMB građana.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije honorišu se prema važećim propisima.

Adresa redakcije: Vojnotehnički glasnik, 11002 Beograd, Balkanska 53, VE-1.

E-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.

Odgovorni urednik  
Nebojša Gaćeša  
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs  
tel.: 011/3201-493  
vojni: 23-493  
011/3006-023

**DIREKCIJA ZA IZDAVAČKU I BIBLIOTEČKO-  
-INFORMACIONU DELATNOST**

- Balkanska 53, 11000 Beograd •
- Telefoni: (011) 32-01-806 i 32-01-495  
Telefaks: (011) 36-12-506 •
- Tekući račun: 840-19540845-28 • PIB: 102116082  
PDV: 135328814 •

**POZIV NA PRETPLATU ZA 2010. GODINU**

Pretplaćujemo se na časopis:

	br. primeraka
<b>1. „Vojnotehnički glasnik“</b> Godišnja pretplata 896,00 dinara Prilikom uplate pozvati se na broj: 122742312963054	.....
<b>2. „Novi glasnik“</b> Godišnja pretplata 1.600,00 dinara Prilikom uplate pozvati se na broj: 122742312963053	.....
<b>3. „Vojno delo“</b> Godišnja pretplata 1.184,00 dinara Prilikom uplate pozvati se na broj: 122742312963051	.....

Pretplatne cene važe do 31. 12. 2010. godine.

Broj primeraka izdanja koja se naručuju upisati u narudžbenicu, a primerak narudžbenice sa dokazom o izvršenoj uplati na gore navedeni tekući račun poslati na gore navedenu adresu.

Kupac ..... tel.: .....

Mesto .....

Ulica ..... br. ....

Potpis naručioca

M. P. ....

Likovno-grafički urednik  
mr *Nebojša* Kujundžić  
e-mail: [nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs](mailto:nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs)

Tehničko uređenje  
*Zvezda* Jovanović

Lektor i korektor  
*Dobriła* Miletić, profesor  
e-mail: [dobriła.miletic@mod.gov.rs](mailto:dobriła.miletic@mod.gov.rs)

Prevod na engleski  
*Jasna* Višnjić, profesor  
e-mail: [visnjicjasna@yahoo.com](mailto:visnjicjasna@yahoo.com)

CIP – Katalogizacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

623+355 / 359

VOJNOTEHNIČKI glasnik : naučni časopis Ministarstva odbrane Republike Srbije = Military technical courier : scientific periodical of the Ministry of Defence of the Republic of Serbia / odgovorni urednik Nebojša Gaćeša. - God. 1, br. 1 (1953) - Beograd (Balkanska 53) : Ministarstvo odbrane Republike Srbije, 1953- (Beograd : Vojna štamparija. - 24 cm

Dostupno i na:  
<http://scindeks.nb.rs/journaldetails.aspx?issn=0042-8469>

Dostupno i na: <http://dibid.mod.gov.rs>. -  
Tromesečno  
ISSN 0042-8469 = Vojnotehnički glasnik  
COBISS.SR-ID 4423938

Cena: 280,00 dinara  
Tiraž: 850 primeraka

---

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, broj 413-00-1201/2001-01 od 12. 9. 2001. godine, časopis „Vojnotehnički glasnik“ je publikacija od posebnog interesa za nauku.

UDC: Centar za vojnonaučnu dokumentaciju, informacije i bibliotekarstvo (CVNDIB)

