



1
2013



VOJNOTEHNIČKI GLASNIK

NAUČNI ČASOPIS MINISTARSTVA ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE

2013



ISSN 0042-8469
COBISS.SR-ID 4423938

VOJNOTEHNIČKI
glasnik
NAUČNI ČASOPIS
MINISTARSTVA ODBRANE
REPUBLIKE SRBIJE

www.vtg.mod.gov.rs

1

UDC 623 + 355/359

GODINA LXI JANUAR-MART 2013.

ISSN 0042-8469
COBISS.SR-ID 4423938

MILITARY TECHNICAL

Courier

SCIENTIFIC PERIODICAL
OF THE MINISTRY OF DEFENCE
OF THE REPUBLIC OF SERBIA

www.vtg.mod.gov.rs

1

UDC 623 + 355/359

VOLUME LXI JANUARY-MARCH 2013.

MINISTARSTVO ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE
MEDIJA CENTAR „ODBRANA“
DIREKTOR
Slavoljub M. Marković, potpukovnik
ODSEK ZA IZDAVAČKU DELATNOST
GLAVNI UREDNIK VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA
Dragana Marković

ODGOVORNI UREDNIK
mr *Nebojša Gaćeša*, potpukovnik
e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs, tel.: 011/3349-497, 064/80-80-118

UREĐIVAČKI ODBOR

- brigadni general prof. dr Bojan Zmić, načelnik Uprave za odbrambene tehnologije Sektora za materijalne resurse Ministarstva odbrane Republike Srbije, predsednik Uređivačkog odbora,
- general-major doc. dr Danko Jovanović, načelnik Uprave za logistiku (J4) Generalštaba Vojske Srbije, zamenik predsednika uređivačkog odbora,
- dr Stevan M. Berber, The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand,
- doc. dr Mirko Borisov, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu,
- prof. dr Dragoljub Vujić, Vojnotehnički institut, Beograd,
- general-major vanr. prof. dr Mladen Vuruna, načelnik Vojne akademije, Beograd,
- pukovnik vanr. prof. dr Goran Dikić, prorektor Univerziteta odbrane, Beograd,
- prof. dr Željko Đurović, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu,
- prof. dr Željko Žilić, McGill University, Department of Electrical and Computer Engineering, Montreal, Canada,
- prof. dr Aleksa Zejak, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu,
- prof. dr Slobodan Jaramaz, šef Katedre za sisteme naoružanja Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu,
- general-potpukovnik prof. dr Miodrag Jevtić, rektor Univerziteta odbrane, Beograd,
- doc. dr Vukica M. Jovanović, Trine University, Allen School of Engineering and Technology, Department of Engineering Technology, Angola, Indiana, USA,
- prof. dr Branko Kovačević, rektor Univerziteta u Beogradu,
- prof. dr Mirko Komatina, šef Katedre za termomehaniku Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu,
- naučni savetnik dr Ana Kostov, Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor,
- dr Vasilije M. Manović, CanmetENERGY, Natural Resources Canada, Ottawa, Canada,
- prof. dr Momčilo Milinović, Katedra za sisteme naoružanja Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu,
- prof. dr Gradimir V. Milovanović, redovni član Srpske akademije nauka i umetnosti, Matematički institut SANU, Beograd,
- naučni savetnik dr Predrag Petrović, Izvršni direktor za naučno-istraživački rad i radiokomunikacije Instituta za telekomunikacije i elektroniku IRITEL AD, Beograd,
- pukovnik doc. dr Zoran Rajić, direktor Vojnotehničkog instituta, Beograd,
- naučni savetnik dr Aleksandar Rodić, rukovodilac Centra za robotiku Instituta „Mihajlo Pupin“, Beograd,
- naučni savetnik dr Srećko S. Stopić, RWTH Aachen University, Faculty for Georesourcen and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Aachen, Deutschland,
- prof. dr Miroslav Trajanović, šef Katedre za proizvodno-informacione tehnologije i menadžment Mašinskog fakulteta Univerziteta u Nišu,
- pukovnik naučni saradnik dr Obrad Čabarkapa, načelnik odeljenja za naučnu i inventivnu delatnost, Uprava za stratejsko planiranje Sektora za politiku odbrane Ministarstva odbrane Republike Srbije,
- potpukovnik mr Nebojša Gaćeša, odgovorni urednik Vojnotehničkog glasnika, sekretar Uređivačkog odbora.

Adresa redakcije:
VOJNOTEHNIČKI GLASNIK,
Braće Jugovića 19, Beograd

<http://www.vtg.mod.gov.rs>

<http://scindeks.nb.rs/journaldetails.aspx?issn=0042-8469>

e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs

Pretplata: e-mail: pretplata@odbrana.mod.gov.rs; tel.-fax: 011/3241-009; tekući račun: 840-312849-56

Rukopisi se ne vraćaju

Časopis izlazi tromesečno

Prvi štampani broj *Vojnotehničkog glasnika* objavljen je 1. 1. 1953. godine

Prvo elektronsko izdanje *Vojnotehničkog glasnika* na internetu objavljeno je 1. 1. 2011. godine

Vojnotehnički glasnik je licenciran kod EBSCO Publishing-a, najvećeg svetskog agregatora časopisa, periodike i ostalih izvora u punom tekstu. Kompletan tekst *Vojnotehničkog glasnika* dostupan je u bazama podataka EBSCO Publishing-a.

Štampa: Vojna štamparija – Beograd, Resavska 40b, e-mail: vojsta@sezampro.rs

MINISTRY OF DEFENCE OF THE REPUBLIC OF SERBIA
ODBRANA MEDIA CENTRE

DIRECTOR

Lt Col *Slavoljub M. Marković*

PUBLISHING DEPARTMENT

EDITOR-IN-CHIEF

Dragana Marković

MANAGING EDITOR OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

Lt Col *Nebojša Gaćeša* MSc

e-mail: nebojsa.gacesa@mod.gov.rs, tel: +381 11 33 49 497, +381 64 80 80 118

EDITORIAL BOARD

- Brigadier General Bojan Zrnčić, PhD, Professor, Head of the Department for Defence Technologies, Material Resources Sector, Ministry of Defence, (Head of the Editorial Board)
- Major General Danko Jovanović, PhD, Assistant Professor, Director of Logistics Directorate (J-4) at the General Staff of the Armed Forces of Serbia (Deputy Head of the Editorial Board)
- Stevan M. Berber, PhD, The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand
- Mirko Borisov, PhD, Faculty of Technical Sciences, University in Novi Sad
- Professor Dragoljub Vujić, PhD, Military Technical Institute, Belgrade
- Major General Mladen Vuruna, PhD, Associate Professor, Head of the Military Academy, Belgrade
- Colonel Goran Dikić, PhD, Associate Professor, Prorector of the University of Defence, Belgrade
- Professor Željko Ejurović, PhD, Faculty of Electrical Engineering, Belgrade
- Professor Željko Žilić, PhD, McGill University, Department of Electrical and Computer Engineering, Montreal, Canada
- Professor Aleksa Zejak, PhD, Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad
- Professor Slobodan Jaramaz, PhD, Head of the Weapon Systems Department at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade
- Lt General Miodrag Jevtić, PhD, Professor, Rector of the University of Defence, Belgrade
- Vukica M. Jovanović, PhD, Trine University, Allen School of Engineering and Technology, Department of Engineering Technology, Angola, Indiana, USA
- Professor Branko Kovačević, PhD, Rector of the University of Belgrade
- Professor Mirko Komatina, PhD, Head of the Department for Thermomechanics at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade
- Scientific Advisor Ana Kostov, PhD, Institute of Mining and Metallurgy, Bor, Serbia
- Vasilije M. Manović, PhD, CanmetENERGY, Natural Resources Canada, Ottawa, Canada
- Professor Momčilo Milinović, PhD, Weapon Systems Department at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade
- Professor Gradimir V. Milovanović, PhD, Member of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Mathematical Institute of the SAsA, Belgrade
- Scientific Advisor Predrag Petrović, PhD, Executive Director for R&D and Radio Communications, Institute of telecommunications and electronics IRITEL AD, Belgrade
- Colonel Zoran Rajić, PhD, Assistant Professor, Director of the Military Technical Institute, Belgrade
- Scientific Advisor Aleksandar Rodić, PhD, Head of the Robotics Laboratory at the Mihajlo Pupin Institute, Belgrade
- Scientific Advisor Srećko S. Stojić, PhD, RWTH Aachen University, Faculty for Georesources and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Aachen, Germany
- Professor Miroslav Trajanović, PhD, Head of the Department for Production IT and Management at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Niš
- Colonel Obrad Čabarkapa, PhD, Scientific Advisor, Head of the Section for Scientific and Inventive Activities, Strategic Planning Department, Defence Policy Sector, Ministry of Defence of the Republic of Serbia
- Lt Colonel Nebojša Gaćeša, MSc, Managing Editor of the Military Courier (Secretary of the Editorial Board)

Address:

MILITARY TECHNICAL COURIER

Braće Jugovića 19, 11000 Beograd, Serbia

<http://www.vtg.mod.gov.rs>

<http://scindeks.nb.rs/journaldetails.aspx?issn=0042-8469>

e-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs

Subscription: e-mail: pretplata@odbrana.mod.gov.rs; Tel.-fax: +381 11 32 41 009; account: 840-312849-56

Manuscripts are not returned

The journal is published quarterly

The first printed issue of the *Military Technical Courier* appeared on 1st January 1953.

The first electronic edition of the *Military Technical Courier* on the Internet appeared on 1st January 2011.

Military Technical Courier has entered into an electronic licensing relationship with EBSCO Publishing, the world's most prolific aggregator of full text journals, magazines and other sources. The full text of *Military Technical Courier* can be found on EBSCO Publishing's databases.

Printed by Vojna štamparija – Beograd, Resavska 40b, e-mail: vojsta@sezampro.rs

SADRŽAJ

NAUČNI ČLANCI

<i>Tomislav B. Šekara, Miroslav R. Mataušek</i> Nove formule podešavanja PI regulatora za industrijske procese sa integralnim dejstvom	7–20
<i>Milan M. Šunjevarić, Milorad L. Popović, Branislav M. Todorović</i> Integracija digitalne radio-difuzne mreže mobilne televizije i ćelijske mreže treće generacije	21–45
<i>Paun J. Bereš, Kristian P. Bereš</i> Heuristički model edukacije i prototip sistema za daljinsko aktiviranje sirena u vanrednim situacijama	46–57
<i>Vojislav J. Batinić</i> Dinamički odziv planetarnog prenosnika na sprežnu parametarsku pobudu	58–68
<i>Mihailo R. Mrdak</i> Karakterizacija nikal-grafit zaptivnih prevlaka u sistemu sa veznom prevlakom nikal-aluminijum ...	69–88
<i>Srećko R. Stopić</i> Kritični materijali u dvadeset prvom veku	89–100

STRUČNI ČLANCI

<i>Aleksandar Ž. Drenovac, Bratislav Ž. Drenovac, Dušan M. Drenovac</i> Kontrolne karte kao sredstvo statističke kontrole kvaliteta	101–122
<i>Milorad S. Markagić</i> Forenzika mobilnih uređaja	123–135
<i>Ratomir Đ. Đokić, Milorad S. Markagić</i> Forenzika računarskih mreža	136–145
<i>Obrač T. Čabarkapa, Dalibor P. Petrović, Marina S. Dunjić</i> Uslovi patentibilnosti za zaštitu pronalazaka	146–161
<i>Slobodan N. Stupar, Aleksandar M. Simonović, Zoran Lj. Filipović, Miroslav M. Jovanović</i> Unapređenje sistema obrazovanja studenata vazduhoplovstva Vojne akademije primenom aviona laboratorije	162–177
<i>Igor J. Epler</i> Modeli upravljanja održavanjem tehničkih sistema	178–195
<i>Zoran K. Čeganjac, Đorđe Mihailović, Jelena M. Kostadinović</i> Percepcija ljudske greške u integralnom sistemu upravljanja komunalnim otpadom	196–209
<i>Dejan R. Inđić, Miroslav R. Terzić, Negovan D. Ivanković</i> Informacioni sistemi u upravljanju rizicima u životnoj sredini	210–225
<i>Dragana N. Petrović, Branko N. Đedović, Nikola Č. Petrović</i> Metodološki postupak vrednovanja projekata primenom cost – benefit analize	226–241
<i>Andreja Samčović</i> Bezbednosni aspekti cloud computing okruženja u mogućim vojnim primenama	242–259

PRIKAZI

<i>Slavko J. Pokorni</i> 15. međunarodna konferencija ICDQM-2012 (prikaz zbornika radova)	260–269
<i>Vlado P. Đurković</i> Prikaz 5. internacionalne konferencije OTEH 2012 – odbrambene tehnologije	270–275
SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA	276–310
POZIV I UPUTSTVO AUTORIMA	311–320
SPISAK RECENZENATA	321–336
IZJAVA VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA O ETIČKOM POSTUPANJU	337–340

CONTENTS

SCIENTIFIC PAPERS

<i>Tomislav B. Šekara, Miroslav R. Mataušek</i> New tuning formulae for the PI controller applied to processes with integral actions	7–20
<i>Milan M. Šunjevarić, Milorad L. Popović, Branislav M. Todorović</i> Integration of the Digital broadcast MOBILE television NETwork and the 3G network	21–45
<i>Paun J. Bereš, Kristian P. Bereš</i> Heuristic model of education and a prototype of a system for remote siren activation in emergency ..	46–57
<i>Vojislav J. Batinić</i> Planetary gear dynamic response to mesh parametric excitation	58–68
<i>Mihailo R. Mrdak</i> Characterization of nickel graphite sealing coatings in the system with the nickel – aluminum bonding coating	69–88
<i>Srećko R. Stopić</i> Critical materials in the 21 century	89–100

PROFESSIONAL PAPERS

<i>Aleksandar Ž. Drenovac, Bratislav Ž. Drenovac, Dušan M. Drenovac</i> Control cards as a statistical quality control resource	101–122
<i>Milorad S. Markagić</i> Forensics of mobile devices	123–135
<i>Ratomir Đ. Đokić, Milorad S. Markagić</i> Computer networks forensics	136–145
<i>Obad T. Čabarkapa, Dalibor P. Petrović, Marina S. Dunjić</i> Patentability conditions for the invention protection	146–161
<i>Slobodan N. Stupar, Aleksandar M. Simonović, Zoran Lj. Filipović, Miroslav M. Jovanović</i> Improvement of the military academy education system for aeronautics students using the flying laboratory	162–177
<i>Igor J. Epler</i> Models of technical system maintenance management	178–195
<i>Zoran K. Čeganjac, Đorđe Mihailović, Jelena M. Kostadinović</i> Concept of human error in an integrated household waste management system	196–209
<i>Dejan R. Indić, Miroslav R. Terzić, Negovan D. Ivanković</i> Information systems in environmental risk management	210–225
<i>Dragana N. Petrović, Branko N. Đedović, Nikola Č. Petrović</i> Methodological procedure in the evaluation of projects using the cost-benefit analysis	226–241
<i>Andreja Samčović</i> Security issues of cloud computing environment in possible military applications	242–259

REVIEWS

<i>Slavko J. Pokorni</i> 15 th International Conference on Dependability and Quality Management ICDQM-2012 (Proceedings review)	260–269
<i>Vlado P. Đurković</i> 5 th International Conference OTEH 2012 – defense technology (Proceedings review)	270–275
MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT	276–310
CALL FOR PAPERS AND INSTRUCTIONS FOR AUTHORS	311–320
LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER	321–336
PUBLICATION ETHICS STATEMENT	337–340

NOVE FORMULE PODEŠAVANJA PI REGULATORA ZA INDUSTRIJSKE PROCESE SA INTEGRALNIM DEJSTVOM

Tomislav B. Šekara, Miroslav R. Mataušek
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu

DOI: 10.5937/vojtehg61-2504

OBLAST: identifikacija i upravljanje procesima
VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

Definisanjem pravila tangente na Nikvistovoj krivoj u kritičnoj tački nedavno je razvijen novi model $G_m(s)$, sa četiri mjerljiva parametra kritično pojačanje, kritična frekvencija, amplituda kritičnih oscilacija i transportno kašnjenje. Ovaj model je adekvatan reprezentant dinamičkih karakteristika široke klase procesa $G_p(s)$. U ovom radu, korišćenjem tehnike vremenskog i amplitudskog skaliranja modela $G_m(s)$, razvijene su nove formule podešavanja PI regulatora za široku klasu industrijskih procesa sa integralnim dejstvom.

Ključne reči: Upravljanje procesima, optimizacija sa ograničenjima, identifikacija procesa, podešavanje, PI regulator.

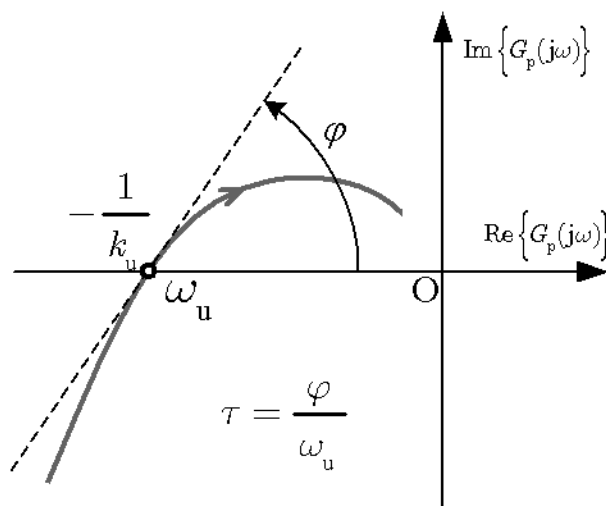
Uvod

Definisanje dinamičkih karakteristika procesa primjenom modela $G_m(s)$ sa samo četiri parametra, koji imaju jasno fizičko značenje, dato je u (Šekara, Mataušek, 2010a). To su: kritično pojačanje k_u , kritična učestanost ω_u , pojačanje $G_p(0)$ i parametar τ . Parametar τ odgovara ekvivalentnom transportnom kašnjenju za uspostavljanje stabilnih oscilacija oko ravnotežnog stanja sistema u kritičnom eksperimentu Ziegler, Nichols, 1942, pp. 759–768). Parametri koje možemo dobiti mjerenjem na procesu su k_u , ω_u , $G_p(0)$ i φ (Šekara, Mataušek, 2010a, 2010b). Ugao φ odgovara nagibu tan-

ZAHVALNICA: Tomislav B. Šekara se zahvaljuje Ministarstvu za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, za finansijsku podršku (projekat TR 33020).

gente na Nyquistovu krivu u tački $(-1/k_u, 0j)$ (Šekara, Mataušek, 2010a), kao što prikazuje slika 1. U ovom radu je na modelu procesa $G_m(s)$ primijenjena tehnika vremenskog i amplitudskog skaliranja u cilju klasifikacije procesa $G_p(s)$ (Šekara, Mataušek, 2010b, 2011). Parametar A se određuje iz relacije $A = \omega_u k_u G_p(0)/(1 + k_u G_p(0))$ dok je parametar τ određen relacijom $\tau = \varphi/\omega_u$. Napomenimo da parametar A ima takođe svoje fizičko značenje na osnovu koga je i dobijen (Šekara, Mataušek, 2010a), tj. da ravnotežna stanja oscilacija modela i procesa budu jednaka na step pobudu u zatvorenoj povratnoj sprezi,

$$\lim_{s \rightarrow 0} \frac{A \omega_u e^{-\tau s}}{s^2 + \omega_u^2} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{k_u G_p(s)}{1 + k_u G_p(s)} \quad (1)$$



Slika 1 – Ilustracija pravila tangente (Šekara, Mataušek, 2010a) primijenjenog za određivanje parametra τ

Figure 1 – Illustration of tangent rule (Šekara, Mataušek, 2010a) used to determine parameter τ

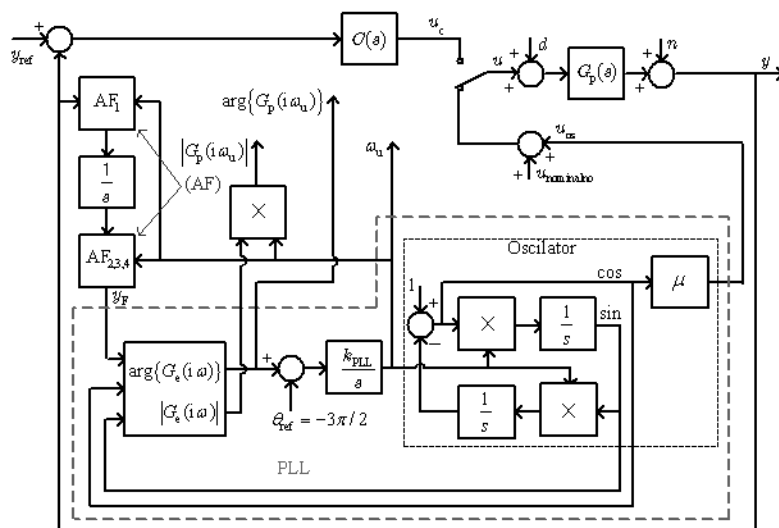
Dugi niz godina do danas u cilju klasifikacije procesa se najčešće koristio parametar $\kappa = 1/(k_u G_p(0))$ za stabilne procese (Åström, Hägglund, 1995), dok se za procese sa integralnim dejstvom koristi $\kappa_v = \omega_u/(k_u k_v)$, gdje je k_v brzinska konstanta procesa. Potreba, a time i motivacija, za novu klasifikaciju procesa je da klasifikacija po jednom parametru nije dovoljna u cilju definisanja i primjene inteligentnog upravljanja.

Parametar $\rho = A/\omega_u$, uz korišćenje relacije (1), definiše generalizaciju parametra κ preko parametra $\rho = 1/(1 + \kappa)$, za sve stabilne procese, procese sa integralnim dejstvom, frakcione procese i nestabilne procese. Na ovaj način je generalizovana postojeća klasifikacija procesa uz adekvatno proširenje po još jednom fizički jasnom parametru φ .

U ovom radu su date nove formule podešavanja PI regulatora za industrijske procese sa integralnim dejstvom u funkciji merljivih parametara k_u , ω_u , $A = \omega_u$ i τ , tj. na osnovu klasifikacione ρ - ϕ ravni. (Šekara, Mataušek, 2010b, 2011)

Primjena fazno zaključane petlje (PLL) za određivanje parametara k_u , ω_u , ϕ

Primjena PLL (Phase-Locked Loop) tehnike na identifikaciju procesa (Mataušek, Šekara, 2011, pp. 17–27) (Šekara, Mataušek, 2010 Cd), unapređena je modifikacijom predloženom u (Šekara, Mataušek, 2010e) za robusnu identifikaciju procesa $G_p(s)$. Primjena PLL koncepta u otvorenoj regulacionoj konturi (PLL-OL) prikazana je na slici 2. Struktura prikazana na slici 2 sa uvedenim integratorom $G_e(s) = G_p(s)/s$ u grani mjerenja ima za cilj potiskivanje mjernog šuma n . Akumuliranje zbog srednje vrijednosti koju unosi integrator potiskuje se AF filtrom kao što je prikazano na slici 2. Kako integrator unosi fazni stav $-\pi/2$ i amplitudu $1/\omega$, potrebno je zadati referencu $\theta_{ref} = -\pi - \pi/2$ u cilju direktnog određivanja ω_u dok se kritično pojačanje dobija iz relacije $k_u = k_{u(-3\pi/2)}/\omega_u$. Ugao ϕ se procjenjuje na osnovu relacije iz (Mataušek, Šekara, 2011) (Šekara, Mataušek 2010cde) za $k_u^\pm = k_{u(-3\pi/2+\phi)}/\omega_u^\pm$, $\phi > 0$. Procjena Nikvistove krive $G_p(i\omega)$, za zadate vrijednosti θ_{ref} , vrši se vodeći računa o faznom stavu i amplitudi koju unosi integrator. Više o procjeni ugla ϕ biće dato u poglavlju 2.1 ovog rada.



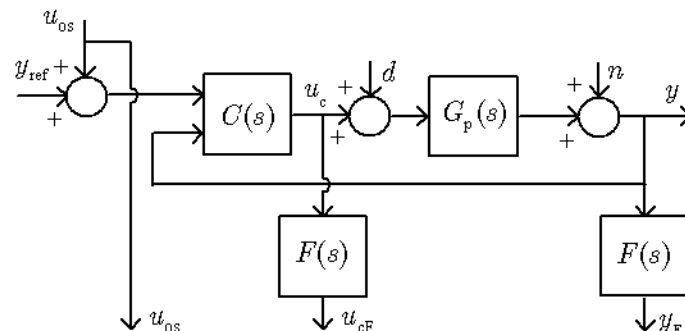
Slika 2 – Modifikovana šema sa PLL-om za robusnu identifikaciju procesa $G_p(s)$ u otvorenoj regulacionoj konturi (PLL-OL)
Figure 2 – Modified PLL open-loop (PLL-OL) structure used for a robust identification of the process $G_p(s)$

Napomenimo da pored dobrih osobina u odnosu na robusno procjenjivanje ω_u , k_u , φ i Nikvistove krive $G_p(i\omega)$ za zadate vrijednosti θ_{ref} , prethodna struktura ima sljedeće nedostatke. Podešavanje parametra k_{PLL} u regulatoru k_{PLL}/s zavisi od testiranog procesa $G_p(s)$. Ako je testirani proces nestabilan struktura PLL sa slike 2 je neprimjenljiva za bilo koju vrijednost parametra k_{PLL} . Međutim, identifikacija procesa u zatvorenoj regulacionoj konturi, primjenom PLL metode predložene u (Mataušek, Šekara, 2011), (Šekara, Mataušek, 2010cd) i modifikovane u (Šekara, Mataušek, 2010e), primjenljiva je i za nestabilne procese.

U oba ova prilaza, u slučaju višestrukog rješenja jednačine

$$\arg\{G_p(i\omega)\} = \theta_{ref} \quad (2)$$

kao i za ona rješenja čiji je $\arg\{G_p(i\omega)\} > 2\pi$, PLL koncept zahtijeva apriorno poznavanje učestanosti od interesa. To znači i sledeće: ako se određuje ω_l a pođe se od početnog pogađanja koje je blisko nekom drugom rješenju jednačine (2) za $\theta_{ref} = -\pi$, neće biti određena kritična učestanost razmatranog procesa $G_p(s)$. U tom smislu koncepti zasnovani na primjeni releja imaju prednost jer daju jedinstveno rješenje ω_l i k_u (Šekara, Mataušek, 2010cd).



Slika 3 – Sistem u zatvorenoj povratnoj sprezi sa signalima y_F i u_{cF} primijenjenim u PLL-CL konceptu. $F(s)$ je AF filter u kaskadi sa integratorom

Figure 3 – Closed-loop system with signals y_F i u_{cF} applied in the PLL closed-loop (PLL-CL) identification. $F(s)$ is the AF filter in the cascade with the integrator

Na slici 3 prikazana je šema za formiranje signala za PLL robusnu identifikaciju procesa $G_p(s)$ u zatvorenoj regulacionoj konturi (PLL-CL), na slici 4. Za razliku od do sada razmatranih struktura, u ovom prilazu regulator $C(s)$ se ne isključuje. Rješenje predloženo u (Šekara, Mataušek, 2010e) ima odgovarajuću eliminaciju uticaja mjernog šuma koristeći AF filter sa redno vezanim integratorom. Na ovaj način osim potiskivanja mjernog šuma potiskuje se i poremećaj opterećenja, a time je povećana robusnost identifikacije procesa $G_p(s)$ i proširena praktična primjena PLL koncepta.

Primjena PLL koncepta na sistem u zatvorenoj povratnoj sprezi sa uključenim filtrom $F(s)$, kao što je prikazano na slici 3, slijedi direktno iz relacija

$$\arg \left\{ \frac{Y_F(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right\} - \arg \left\{ \frac{U_{cF}(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right\} = \arg \{ G_p(i\omega) \}, \quad (3)$$

$$\left| \frac{Y_F(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right| \div \left| \frac{U_{cF}(i\omega)}{U_{OS}(i\omega)} \right| = |G_p(i\omega)|. \quad (4)$$

Kritično pojačanje k_u na osnovu (4) se direktno dobija iz odnosa osnovnih harmonika Fourijeovog razvoja izlaznih signala u_{cF} i y_F iz $F(s)$,

$$k_u = A_{1cF} / A_{1F}. \quad (5)$$

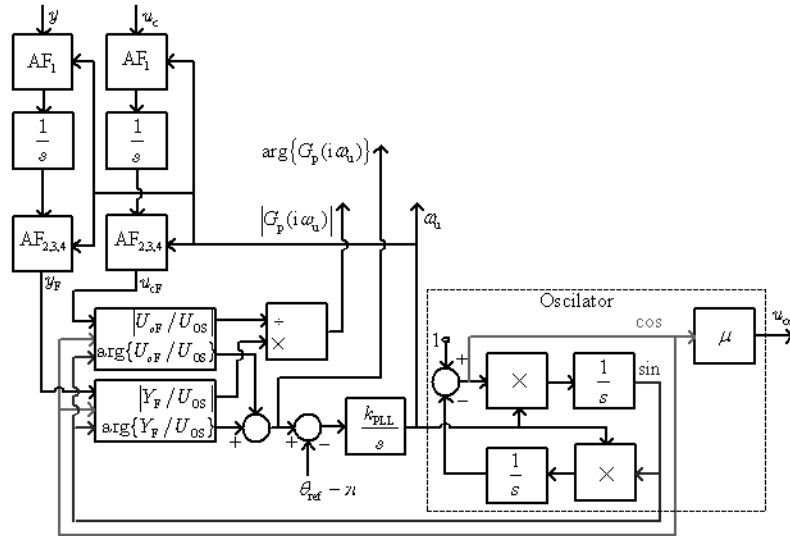
Jedna od implementacija u Simulinku za dobijanje k_u odnosno $|G_p(i\omega_u)|$ prikazana je na slici 7.

Procjena ugla φ primjenom PLL

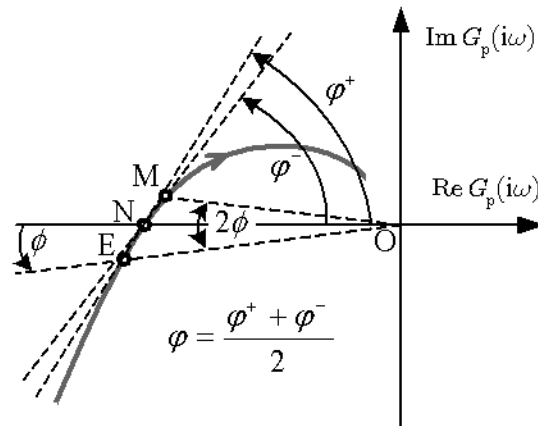
Procjena ugla φ tangente na Nikvistovu krivu procesa $G_p(i\omega)$ u ω_u određuje se na osnovu formule $\varphi = (\varphi^+ + \varphi^-) / 2$ (Mataušek, Šekara, 2011), (Šekara, Mataušek, 2010acde), gdje su

$$\varphi^\pm = \arctan \left(\frac{\rho^\pm \sin \phi^\pm}{\rho^\pm \cos \phi^\pm - 1} \right), \quad 0 < \varphi^\pm < 2\pi, \quad \rho^\pm = \frac{k_u}{k_u^\pm}, \quad (6)$$

za $\phi^+ = \phi$, $\phi^- = -\phi$, $\phi > 0$, $k_u^\pm = 1/|G_p(i\omega_u^\pm)|$ kako je prikazano na slici 4. Napomenimo da se ugao φ može procijeniti iz dvije bliske tačke tj. za mali ugao ϕ , ali zbog male razlike između mjerenih parametara (k_u , k_u^+) ili (k_u , k_u^-) mjerna nesigurnost može biti dosta velika. Da bi se smanjila mjerna nesigurnost parametara k_u , k_u^+ i k_u^- , treba uzeti veći ugao ϕ , što dovodi do velike greške u procjeni ugla φ ovom metodom. Kompromis koji je nađen za adekvatnu procjenu ugla φ je korišćenje tri tačke na Nikvistovoj krivoj kao što je prikazano na slici 4. Kroz niz simulacija pokazano je da je povoljno uzeti ugao $\phi \approx \pi/36$.



Slika 4 – Modifikovana šema sa PLL-om za robusnu identifikaciju procesa $G_p(s)$ u zatvorenoj regulacionoj konturi (PLL-CL) na slici 3
Figure 4 – Modified PLL closed-loop (PLL-CL) structure used for a robust identification of the process $G_p(s)$ in Fig. 3



Slika 5 – Procjena parametra φ iz tri tačke na Nikvistovoj krivoj (Šekara, Mataušek, 2010a)
Figure 5 – Estimation of the parameter φ from three points on the Nyquist curve (Šekara, Mataušek, 2010a)

Na osnovu izmjerenih parametara k_u , ω_u i φ procesa uključujući osobinu da je za procese sa integralnim dejstvom $A=\omega_u$ dobijamo adekvatan model procesa

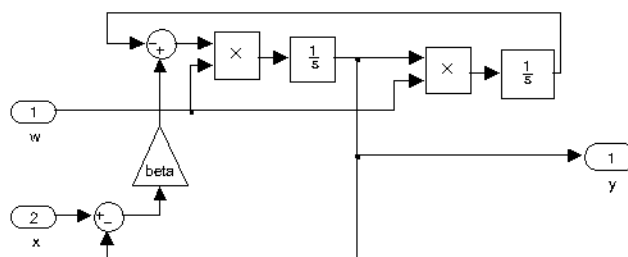
$$G_m(s) = \frac{\omega_u^2 e^{-\tau s}}{s^2 + \omega_u^2 - \omega_u^2 e^{-\tau s}} \frac{1}{k_u}. \quad (7)$$

Blok AF realizuje se primjenom kaskade filtara definisanom funkcijom prenosa

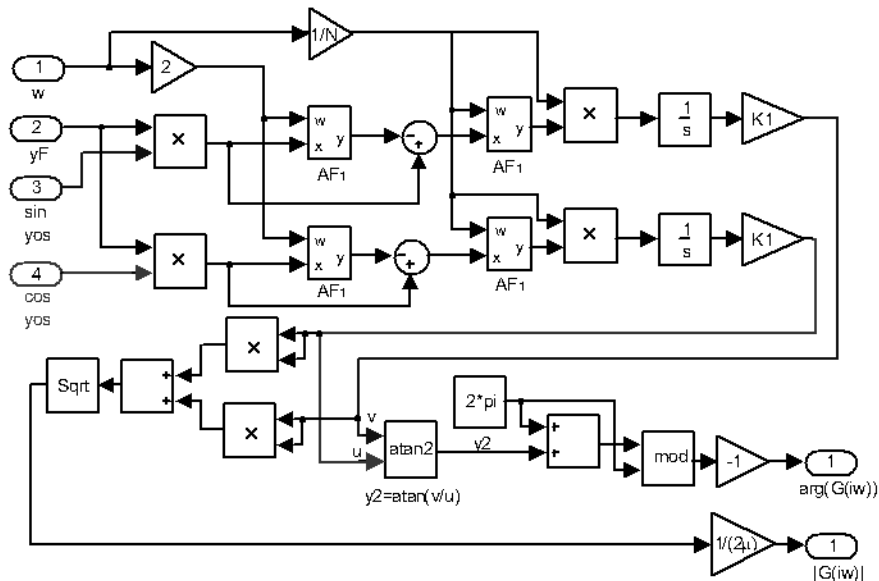
$$H(s) = \prod_{m=1}^4 \frac{\beta_m \omega_u s}{s^2 + \beta_m \omega_u s + \omega_u^2}, \quad \beta_m = 2 \cos(\pi(2m-1)/16), \quad (8)$$

odnosno AF₁ kao $(\beta_1 \omega_u s)/(s^2 + \beta_1 \omega_u s + \omega_u^2)$ za $\beta_1 = 2 \cos(\pi/16)$ i AF_{2,3,4} kao

$$\prod_{m=2}^4 \frac{\beta_m \omega_u s}{s^2 + \beta_m \omega_u s + \omega_u^2}, \quad \beta_m = 2 \cos(\pi(2m-1)/16).$$



Slika 6 – Simulink šema AF₁ jedne ćelije adaptivnog AF filtra
Figure 6 – Simulink scheme AF₁ of one block in the adaptive AF filter



Slika 7 – Simulink šema za određivanje $\arg\{G_p(i\omega)\}$ i $|G_p(i\omega)|$ iz intervala $0 < \theta < 2\pi$,
gdje je $K_1 = 1/\beta$, $N=5$ i AF₁ jedna ćelija adaptivnog AF filtra za usvojeno $\beta = \sqrt{2}$
Figure 7 – Simulink scheme for determining $\arg\{G_p(i\omega)\}$ and $|G_p(i\omega)|$ in the interval
 $0 < \theta < 2\pi$, $K_1 = 1/\beta$, $N=5$ and AF₁ one block in the adaptive AF filter for $\beta = \sqrt{2}$

Nove formule podešavanja PI regulatora za procese sa integralnim dejstvom

Skaliranjem modela (7), po vremenu sa skala faktorom ω_u ($t_n = t\omega_u$, $s_n = s/\omega_u$) i po amplitudi sa $1/k_u$, dobija se normalizovani model procesa (stabilnih, frakcionih, sa integralnim dejstvom i nestabilnih, uključujući i kašnjenje). (Šekara, Mataušek, 2010b, 2011)

$$G_m(s_n) = \frac{e^{-\varphi s_n}}{s_n^2 + 1 - e^{-\varphi s_n}}, \quad \varphi = \omega_u \tau, \quad (9)$$

koji zavisi od jednog parametra φ . Ovo znači da se klasifikacija procesa sa integralnim dejstvom svodi po jednom parametru φ .

Tabela 1

Table 1

Normalizovani parametri PI regulatora, dobijeni primjenom metode $\max(J_c)$ za $M_s=2$,
na normalizovanom modelu (9) procesa sa $\rho=1$

Normalized parameters of the PI controller, obtained by applying the normalized model
(9) and the $\max(J_c)$ method for $M_s=2$ and $\rho=1$

φ	k_n	k_{in}	β
10	0,03650	0,00145	1,000
15	0,07059	0,00423	1,000
20	0,10632	0,00846	1,000
25	0,14074	0,01382	1,000
30	0,18133	0,01987	0,990
35	0,21435	0,02637	0,985
40	0,24843	0,03288	0,975
45	0,28009	0,03928	0,965
50	0,30985	0,04539	0,955
55	0,33408	0,05062	0,940
60	0,36746	0,05559	0,930
65	0,39044	0,06045	0,925
70	0,41234	0,06467	0,920
75	0,43584	0,06682	0,905
80	0,45360	0,06990	0,900
85	0,46815	0,07355	0,900
90	0,48105	0,07694	0,895
95	0,49067	0,08242	0,900
100	0,49866	0,08902	0,900
105	0,50077	0,09704	0,900

Neka je PI regulator dat sa funkcijom prenosa

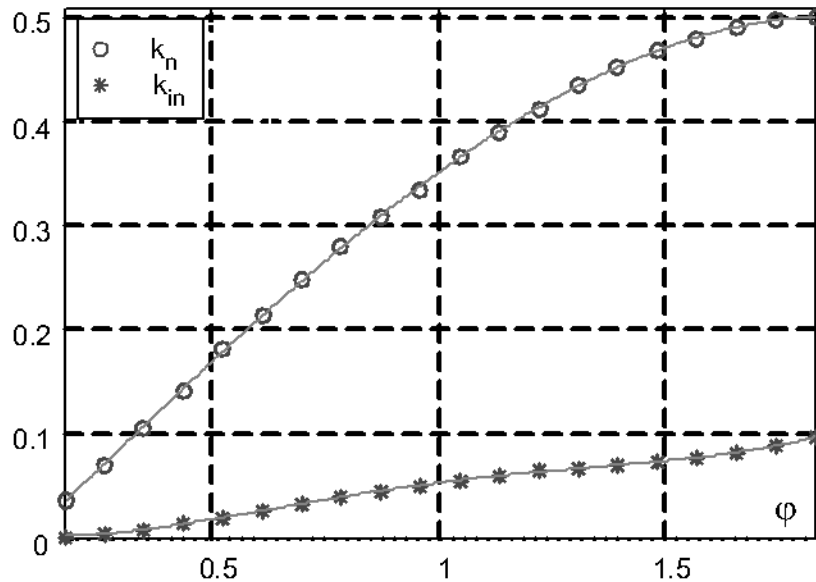
$$C(s) = k + k_i / s. \quad (10)$$

Primjenom metode $\max(J_c)$, gdje je J_c kombinovani kriterijum $J_c = \beta k_i + (1 - \beta)\omega$, $\beta \in [0, 1]$, (Šekara, Mataušek, 2008ab, 2012) za optimalni PI regulator, korišćenjem normalizovanog modela (9) za ugao $-\varphi \in [10^\circ - 105^\circ]$ i $M_s=2$ dobijaju se normalizovani parametri PI regulatora, Tabela 1.

Nove formule podešavanja PI regulatora dobijaju se na osnovu sljedećih relacija

$$k = k_u k_n, \quad k_i = k_u \omega_u k_{in}. \quad (11)$$

Koristeći interpolacioni polinom četvrtog reda na osnovu Tabele 1 dobijaju se normalizovani parametri prikazani na slici 8.



Slika 8 – Parametri normalizovanog PI regulatora, dobijeni primjenom normalizovanog modela (9) i metode $\max(J_c)$ za $M_s=2$ i $\rho=1$

Figure 8 – Parameters of the normalized PI controller, obtained by applying the normalized model (9) and the $\max(J_c)$ method for $M_s=2$ and $\rho=1$

Na osnovu (11) i dobijenih normalizovanih parametara PI regulatora dobijaju se nove formule podešavanja PI regulatora

$$\begin{bmatrix} k \\ k_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,03745 & 0,41032 & 0,03810 & -0,06485 & 0,00515 \\ 0,00513\omega_u & -0,05836\omega_u & 0,25629\omega_u & -0,20067\omega_u & 0,05082\omega_u \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_u \\ k_u \varphi \\ k_u \varphi^2 \\ k_u \varphi^3 \\ k_u \varphi^4 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

gdje je parametar φ u radijanima. Uporedimo sada dobijene nove formule PI regulatora (12) sa optimalnim PI regulatorom na širokoj klasi procesa sa integralnim dejstvom, datih funkcijama prenosa

$$G_{p1}(s) = \frac{1}{s(s+1)^3}, G_{p2}(s) = \frac{-1,6(-0,5s+1)}{s(3+1)}, G_{p3}(s) = \frac{e^{-0,3s}}{s(s+1)}, G_{p4}(s) = \frac{e^{-0,5s}}{s}$$

$$G_{p5}(s) = \frac{0,5(-0,5s+1)e^{-0,7s}}{s(0,1s+1)(0,4s+1)(0,5s+1)}, G_{p6}(s) = \frac{e^{-5s}}{s(s+1)^3}, G_{p7}(s) = \frac{e^{-s}}{s(0,1s+1)},$$

$$G_{p8}(s) = \frac{e^{-0,3s}}{s(s+1)^2}, G_{p9}(s) = \prod_{n=0}^3 \frac{1}{s(0,7^n s+1)}, G_{p10}(s) = \frac{1-0,25s}{s(s+1)^3}, G_{p11}(s) = \frac{1}{s(s+1)^4},$$

$$G_{p12}(s) = \frac{e^{-s}}{s(s+1)}, G_{p13}(s) = \frac{e^{-s}}{s(s+1)^3}, G_{p14}(s) = \frac{e^{-s}}{s(0,01s+1)}, G_{p15}(s) = \prod_{n=0}^3 \frac{e^{-5s}}{s(0,5^n s+1)}.$$

Mjerenjem na prethodnim procesima dobijeni su k_u , ω_u i φ odnosno k_u , ω_u , i τ dati u Tabeli 2.

Tabela 2

Table 2

Parametri k_u , ω_u , i τ za procese $G_{pi}(s)$, $j=1,2,\dots,15$
Parameters k_u , ω_u , i τ for the processes $G_{pi}(s)$, $j=1,2,\dots,15$

Proces	k_u	ω_u	τ	φ°
$G_{p1}(s)$	0,8889	0,5773	1,1060	36,5830
$G_{p2}(s)$	-1,2500	0,8165	0,4747	22,2074
$G_{p3}(s)$	3,4895	1,7393	0,2867	28,5710
$G_{p4}(s)$	3,1416	3,1416	0,3195	57,5101
$G_{p5}(s)$	1,5282	0,7314	1,2917	54,1302
$G_{p6}(s)$	0,2089	0,1973	4,8162	54,4445
$G_{p7}(s)$	1,4434	1,4289	0,6959	56,9733
$G_{p8}(s)$	1,2766	0,7878	0,7878	35,5594
$G_{p9}(s)$	0,9606	0,6694	1,0361	39,7384
$G_{p10}(s)$	0,7410	0,5211	1,3361	39,8917
$G_{p11}(s)$	0,5685	0,4142	1,7582	41,7254
$G_{p12}(s)$	1,1349	0,8603	0,8834	43,5442
$G_{p13}(s)$	0,5143	0,4082	1,9491	45,5858
$G_{p14}(s)$	1,5554	1,5552	0,6454	57,5093
$G_{p15}(s)$	0,2371	0,2291	4,2403	55,6601

Tabela 3

Table 3

Parametri PI-opt regulatora za procese $G_{pj}(s)$, $j=1,2,\dots,15$, dobijeni primjenom metode $\max(J_c)$ za $M_s=2$ i parametri PI-tun regulatora, dobijeni na osnovu relacija (12). Oba PI regulatora su definisana relacijom (10)

Parameters of the PI-opt controller for processes $G_{pj}(s)$, $j=1,2,\dots,15$, obtained by the $\max(J_c)$ method for $M_s=2$ and the parameters of the PI-tun controller, obtained by applying the tuning formulae (12). Both PI controllers are defined by (10)

Proces-PI	k	k_i	IAE	M_s	M_p
$G_{p1}(s)$ -tun	0,1991	0,0147	68,21	1,91	1,64
$G_{p1}(s)$ -opt	0,2121	0,0163	61,29	2,00	1,71
$G_{p2}(s)$ -tun	-0,1544	-0,0107	93,53	1,99	1,77
$G_{p2}(s)$ -opt	-0,1544	-0,0108	92,65	2,00	1,78
$G_{p3}(s)$ -tun	0,5884	0,1094	9,14	2,00	1,76
$G_{p3}(s)$ -opt	0,5802	0,1096	9,17	2,00	1,77
$G_{p4}(s)$ -tun	1,0924	0,5272	1,96	2,04	1,73
$G_{p4}(s)$ -opt	1,0888	0,4977	2,02	2,00	1,67
$G_{p5}(s)$ -tun	0,5042	0,0559	18,63	2,04	1,74
$G_{p5}(s)$ -opt	0,5072	0,0526	19,05	2,00	1,67
$G_{p6}(s)$ -tun	0,0693	0,0021	495	2,03	1,72
$G_{p6}(s)$ -opt	0,0695	0,0020	505	2,00	1,67
$G_{p7}(s)$ -tun	0,4979	0,1091	9,46	2,04	1,73
$G_{p7}(s)$ -opt	0,4968	0,1031	9,73	2,00	1,67
$G_{p8}(s)$ -tun	0,2763	0,0273	36,63	1,95	1,68
$G_{p8}(s)$ -opt	0,2823	0,0289	34,70	2,00	1,73
$G_{p9}(s)$ -tun	0,2343	0,0211	47,45	1,95	1,67
$G_{p9}(s)$ -opt	0,2448	0,0224	44,73	2,00	1,71
$G_{p10}(s)$ -tun	0,1815	0,0127	78,80	1,94	1,67
$G_{p10}(s)$ -opt	0,1908	0,0135	74,11	2,00	1,70
$G_{p11}(s)$ -tun	0,1459	0,0083	120,3	1,95	1,67
$G_{p11}(s)$ -opt	0,1516	0,0087	114,3	2,00	1,70
$G_{p12}(s)$ -tun	0,3043	0,0368	27,70	2,02	1,74
$G_{p12}(s)$ -opt	0,3055	0,0358	27,97	2,00	1,71
$G_{p13}(s)$ -tun	0,1443	0,0084	119,7	1,99	1,70
$G_{p13}(s)$ -opt	0,1469	0,0085	117,7	2,00	1,70
$G_{p14}(s)$ -tun	0,5409	0,1292	8,00	2,04	1,73
$G_{p14}(s)$ -opt	0,5413	0,1214	8,24	2,00	1,66
$G_{p15}(s)$ -tun	0,0802	0,0028	367	2,03	1,72
$G_{p15}(s)$ -opt	0,0800	0,0027	376	2,00	1,68

Rezultati u Tabeli 3 pokazuju da su parametri PI-opt i PI-tun (dobijenog na osnovu ρ - φ klasifikacije) praktično isti. Takođe, dobijaju se praktično iste vrijednosti indeksa performanse IAE i indeksa robusnosti (M_s , M_p). Ovo govori u prilog predložene procedure. Do danas nađene formule podešavanja PI regulatora, na primjer (Kristiansson, Lennartson, 2006), (Hägglund, Åström, 2002), (O'Dwyer, 2009), ne važe za ovako široku klasu procesa sa integralnim dejstvom. Osim toga, čak ni za uže klase procesa, do sada razvijene formule podešavanja ne garantuju indekse robusnosti (M_s , M_p).

Zaključak

Mjerenjem parametara procesa k_u , ω_u , i φ odnosno k_u , ω_u i τ , definiše se novi model procesa $G_m(s)$ (Šekara, Mataušek, 2010a). Na osnovu modela $G_m(s)$, primjenom tehnike vremenskog skaliranja i skaliranja po amplitudi, dobijena je u ovom radu nova klasifikacija procesa sa integralnim dejstvom po parametru φ .

Koristeći se ovom klasifikacijom omogućeno je formiranje opštih formula podešavanja parametara PI regulatora za široku klasu procesa sa integralnim dejstvom. Jedini uslov je da ti procesi imaju realno k_u i ω_u , što je zadovoljeno kod velike većine procesa.

Vjerujemo da će predložene nove formule na osnovu metode klasifikacije biti od koristi za dalji razvoj jednostavnih robusnih metoda podešavanja regulatora, imajući u vidu da se primjenom PLL (Phase-Locked Loop) tehnike (Šekara, Mataušek, 2008b) mogu sa velikom tačnošću odrediti parametri (k_u , ω_u , φ) u prisustvu mjernog šuma i poremećaja opterećenja.

Literatura

- Åström, K.J., Hägglund T., (1995), *New tuning methods for PID controllers*, Proc. 3rd European Control Conf., 2456–2462, Rome, Italy, September.
- Hägglund, T., Åström, K. J., (2002), *Revisiting the Ziegler-Nichols tuning rules for PI control*, Asian Journal of Control, 4(4), 364–380.
- Kristiansson, K., Lennartson B., (2006), *Robust Tuning of PI and PID Controllers*, IEEE Control Syst. Magazine, 26(1), 55–69.
- Mataušek, M.R., Šekara T.B., (2011), *PID controller frequency-domain tuning for stable, integrating and unstable processes, including dead-time*, Journal of Process Control, 21(1), 17–27.
- O'Dwyer A., (2009), *Handbook of PI and PID controller tuning rules*, Imperial College Press: London.
- Šekara, T.B., Mataušek, M.R., (2008a), *Optimalno podešavanje PI regulatora zasnovano na maksimizaciji kombinovanog kriterijuma J_c* , INFOTEH, 7, Ref. A-3, 11–14, Jahorina, Bosna i Hercegovina, Mart.
- Šekara, T.B., Mataušek, M.R., (2008b), *Optimal and robust tuning of the PI controller based on the maximization of the criterion J_c defined by the linear combination of the integral gain and the closed-loop system bandwidth*, Electronics, 12(1), 41–45.

Šekara, T.B., Mataušek M.R., (2010a), *Revisiting the Ziegler-Nichols process dynamics characterization*, Journal of Process Control, 20(3), 360-363.

Šekara, T.B., Mataušek M.R., (2010b), *Novi način klasifikacije procesa u parametarskoj ravni u cilju realizacije inteligentnog upravljanja*, ETRAN, 54, AU1-1-4, Donji Milanovac.

Šekara, T.B., Mataušek, M.R., (2010c), *Uporedna analiza relejnog eksperimenta i fazno zaključane petlje za određivanje kritične učestanosti i kritičnog pojačanja procesa*, INFOTEH, 9, Ref. A-2, 13–16, Jahorina, Bosna i Hercegovina, Mart.

Šekara, T.B., Mataušek M.R., (2010d), *Comparative analysis of the relay and phase-locked loop experiment used to determine ultimate frequency and ultimate gain*, Electronics, 14(2), 77–81.

Šekara, T.B., Mataušek, M.R., (2010e), *Robusna identifikacija procesa primjenom fazno zaključane petlje*, INFOTEH, 10, Ref. A-4, 18–21, Jahorina, Bosna i Hercegovina, Mart.

Šekara, T.B., Mataušek M.R., (2011), *Classification of dynamic processes and PID controller tuning in a parameter plane*, Journal of Process Control, 21(4), 620–626.

Šekara, T.B., Mataušek, M.R., (2012), *PID controller tuning based on the classification of stable integrating and unstable processes in a parameter plane*, Chapter 6 in *Frontiers in Advanced Control Systems*, Ed. G.L.O.Serra, InTechOpen.

Ziegler, J.G., Nichols N.B., (1942), *Optimum settings for automatic controllers*, Trans. ASME, 64, 759–768.

NEW TUNING FORMULAE FOR THE PI CONTROLLER APPLIED TO PROCESSES WITH INTEGRAL ACTION

FIELD: Process identification and control

ARTICLE TYPE: Original scientific paper

Summary

A new model $G_m(s)$, defined by four measurable parameters (ultimate gain, ultimate frequency, amplitude of ultimate oscillation and dead time,) is obtained from the tangent to the Nyquist curve at the critical point. This model represents the generalization of the Ziegler-Nichols process dynamics characterization method for a large class of stable, integrating and unstable processes $G_p(s)$. In the present paper, by applying the time and amplitude scaling technique to the model $G_m(s)$, new tuning formulae are developed for the PI controller. These tuning formulae guarantee almost optimal performance/robustness tradeoff for a large class of processes with integral action.

Introduction

Dynamic characteristics of a large class of stable, integrating and unstable processes can be defined by the model $G_m(s)$ with four measurable parameters (Šekara, Mataušek, 2010a). These parameters are the ultimate gain k_u , the ultimate frequency ω_u , the angle φ of the tangent to the Nyquist curve and the amplitude A which is obtained from the measured k_u and the process

gain $G_p(0)$ as $A = \omega_i k_u G_p(0) / (1 + k_u G_p(0))$. Since for integrating processes $G_p(0) = \pm\infty$, one obtains that for all integrating processes the model $G_m(s)$ is determined with the three measurable parameters. Two of them, k_u and ω_i , were defined by (Ziegler, Nichols, 1942) seventy years ago, while the third is the angle φ , defined recently in (Šekara, Mataušek, 2010a). The generalization of this method for stable and unstable processes is presented in (Mataušek, Šekara, 2010). In the present paper the ideas presented in (Šekara, Mataušek, 2010b, 2011) are applied to define new tuning formulae for processes classified (Šekara, Mataušek, 2011) as ρ - φ processes for $\rho=1$ and $0 \leq \varphi \leq \pi/2$.

Application of the Phase-Locked Loop (PLL) for determining k_u , ω_i and φ

A modified PLL closed-loop (PLL-CL) structure (Šekara, Mataušek, 2010, 2011) used to identify the process $G_p(s)$ is presented. A characteristic feature of this identification method is that the parameters of the model are obtained without breaking the loop with the controller in operation. The accurate estimates of k_u , ω_i and φ are obtained in the presence of a high level of measurement noise and the load step disturbance. The only condition required is that the controller in operation must be an unknown linear controller.

New tuning formulae for the PI controller applied to processes with integral action

Since a large class of processes with integral action is classified as $\rho=1$ and $0 \leq \varphi \leq \pi/2$ processes (Šekara, Mataušek, 2010b, 2011), it is possible to define tuning formulae for adjusting the PI controller parameters to obtain almost the same performance/robustness tradeoff as obtained by applying the PI controller optimization for the particular process of interest. The proposed procedure is presented in a systematic way and well illustrated, by analyzing a test batch of 15 transfer functions used in the literature to represent the dynamic characteristics of processes with integral action.

Conclusion

By measuring three parameters, k_u , ω_i and φ , and by applying the proposed tuning formulae, one obtains the PI controller guaranteeing almost the optimal performance/robustness tradeoff for a large class of processes with integral action.

It is believed that the proposed procedure, based on the closed-loop identification performed by applying the new PLL technique, will be a useful control system tool and used also for further development of simple and effective tuning methods for the PI control of real processes in the presence of measurement noise and the action of load disturbance.

Key words: Process control, constrained optimization, process identification, tuning, PI controller.

Datum prijema članka/Paper received on: 04. 09. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 25. 10. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 27. 10. 2012.

INTEGRACIJA DIGITALNE RADIO-DIFUZNE MREŽE MOBILNE TELEVIZIJE I ČELIJSKE MREŽE TREĆE GENERACIJE

Milan M. Šunjevarić, RT-RK Istraživačko-razvojni institut,
Novi Sad,

Milorad L. Popović, Nokia Siemens Networks,

Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina,

Branislav M. Todorović, RT-RK Istraživačko-razvojni institut,
Novi Sad

DOI: 10.5937/vojtehg61-1647

OBLAST: telekomunikacije

VRSTA ČLANKA: pregledni članak

Sažetak:

U radu su prikazani rezultati istraživanja mogućnosti za integraciju radio-difuznih mreža za mobilnu televiziju i čelijskih mreža treće generacije (3G). Analizirani su trendovi u pogledu razvoja usluge mobilne televizije, i dosadašnja istraživanja koja imaju za cilj traženje optimalnih načina za integraciju različitih tipova mreža. U radu su analizirane postojeće tehnologije za mobilnu televiziju, s posebnim osvrtom na DVB-H (Digital Video Broadcasting – Handheld) tehnologiju. Analizirani su preduslovi, razlozi i mogućnosti za integraciju DVB-H i 3G mreže UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), a zaključci ovih analiza su potkrepljeni rezultatima praktičnog rada. Na osnovu svih ovih istraživanja donesen je zaključak o opravdanosti realizacije hibridne DVB-H/UMTS mreže.

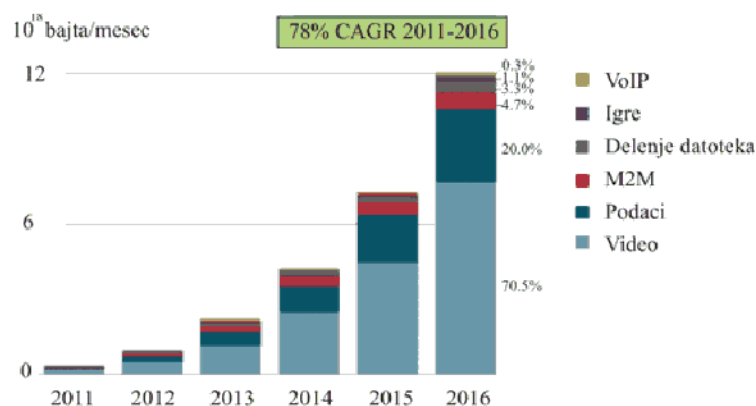
Ključne reči: DVB-H, mobilna televizija, hibridna mreža, konvergentne mreže.

Uvod

Istraživanja rađena u poslednje vreme, čiji rezultati su prikazani na slici 1, predviđaju da će se u skoroj budućnosti 70,5% ukupnog paketskog saobraćaja u svetu realizovati u okviru video-servisa, kod kojih mobilna televizija čini značajan deo (Cisco VNI Forecast, 2012).

Mobilna televizija podrazumeva prenos televizijskih programa do bežičnih uređaja, kao što su mobilni telefoni. To je tehnologija koja je projektovana da ispuni vrlo stroge zahteve koji se postavljaju pred mobilni televizijski uređaj, kao što su ograničena snaga baterije i mala veličina ekrana. Veliki broj tehnologija i standarda je razvijen tokom poslednjih godina da bi se omogućila

usluga mobilne televizije, tj. da se omogući gledanje televizije na malim prenosnim uređajima. Rezultati istraživanja pokazuju da će se zahtev korisnika za uslugom mobilne televizije u narednom periodu značajno povećavati i da će ova usluga postati značajan izvor prihoda za operatore, provajdere sadržaja i sve ostale učesnike u lancu pružanja usluge mobilne televizije. Na slici 2 je prikazan očekivani rast prihoda od mobilne televizije u svetu (Juniper research, 2011), (Informa Telecoms & Media, 2013), (Abi Research, 2012).



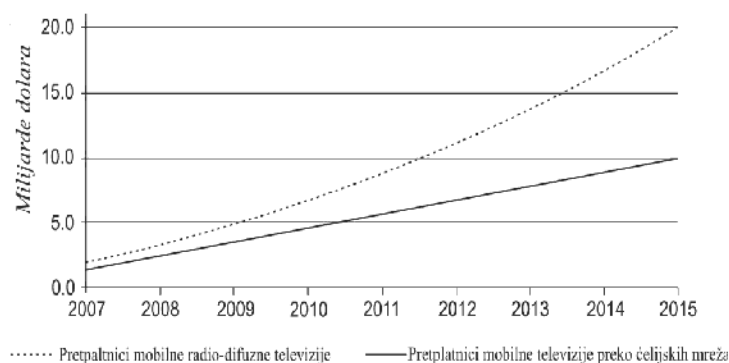
Slika 1 – Predviđanja raspodele ukupnog paketskog saobraćaja po tipu usluge (Cisco VNI Forecast, 2012)

Figure 1 – Prediction of the distribution of overall packet transmission by type 1 service (Cisco VNI Forecast, 2012)

Problem sa distribucijom mobilne televizije preko postojećih 3G mreža je taj što brz razvoj i prihvatanje ove usluge od strane korisnika dovodi do brzog iskorišćenja raspoloživih resursa, dok radio-difuzne mreže predstavljaju odličan izbor za 3G operatore da oslobode kapacitet svojih čelijskih mreža, a da pri tom nastave da pružaju usluge mobilne televizije, iako su ove mreže veoma ograničene u pogledu interaktivnosti i personalizacije sadržaja. Da bi se preko digitalne radio-difuzne mreže mogle pružiti usluge na zahtev i vršiti njihova naplata neophodno je da se realizuje mreža koja će omogućiti određenu interaktivnost.

Cilj istraživanja čiji rezultati su prikazani u ovom radu bio je da se analiziraju postojeći standardi i tehnologije za pružanje usluga mobilne televizije kao i da se ispituju mogućnosti integracije digitalne radio-difuzne mreže mobilne televizije i čelijskih mreža treće generacije. Takođe, procenjeni su efekti ovakve integracije kroz analizu i simulacije praktične mreže mobilne televizije bazirane na upotrebi DVB-H i UMTS mreža. Istraženo je i kako da se minimizuju troškovi uspostavljanja mreže mobilne televizije implementacijom hibridne mreže sastavljene od DVB-H radio-difuzne mreže i čelijske mreže treće generacije. Ovaj rad je organizovan na sledeći način. Nakon uvoda, u drugom poglavlju su analizirana dosadašnja istraživanja. U trećem poglavlju su analizirane tehnologije za pružanje usluga mobilne televizije, a u četvrtom poglavlju je

analiziran DVB-H standard, kao najzastupljeniji u našem okruženju. U petom poglavlju je razmatrana mogućnost za integraciju mobilnih radio-difuznih televizijskih mreža i ćelijskih 3G mreža, a u šestom poglavlju je analizirana opravdanost realizacije hibridne DVB-H/UMTS mreže i ukratko predstavljeni rezultati sopstvenih istraživanja. U poslednjem, šestom poglavlju je dat zaključak.



Slika 2 – Očekivani rast prihoda od mobilne televizije u svetu
Figure 2 – Expected mobile TV profit growth rate worldwide

Dosadašnja istraživanja

Poslednjih godina rađena su brojna istraživanja koja su imala za cilj traženje optimalnog načina za integraciju različitih tipova mreža. Prve test mreže za ispitivanje mogućnosti integracije DVB-H i UMTS datiraju još iz 2004. godine (Hartl, et al, 2005). U (Saragento, et al, 2010) je prezentovana arhitektura koja omogućava multimedijalne i interaktivne usluge u heterogenoj mreži koja uključuje DVB tehnologiju i omogućava preuzimanje prijemnika između čvorova mreže (engl. *handover*) između različitih tehnologija sa podrškom za kvalitet servisa (engl. *Quality of Service* – QoS). Mogućnost integracije UMTS i DVB-H mreže na nivou radio-priступne mreže je analizirana u (Vulic, et al, 2007). Problem preuzimanja između UMTS i DVB-H mreža je analiziran u (Yang, et al, 2006, 2008). U (Tamea, et al, 2009) su predložene strategije za optimizaciju vertikalnog preuzimanja između radio-difuzne DVB-H i MBMS/UMTS (engl. *Multimedia Broadcast Multicast Services*) mreža, a u (Shanker, et al, 2009) je predloženo rešenje problema kontinualnosti usluge pri preuzimanju između DVB-H i naprednih paketskih mreža (engl. *Evolved Packet System* – EPS). U (Miloucheva, et al, 2007) je predloženo unapređenje verzije 6 mobilnog IP protokola (engl. *Internet Protocol version 6-IPv6*) da bi se podržale interaktivne multimedijalne usluge sa zahtevanim kvalitetom u hibridnom radio-difuznom i mobilnom IPv6 okruženju. U (Baraquero, et al, 2010), autori su pokazali da efikasnost distribucije paketa podataka u DVB-H mreži koja obezbeđuje delimičnu pokrivenost područja, može biti

značajno poboljšana korišćenjem 3G ćelijskih mreža za distribuciju paketa u područjima sa slabim DVB-H signalom. U (Heuck, 2010) analizirane su performanse hibridne DVB-H i UMTS mreže za distribuciju datoteka. Ovde je pokazano da hibridna mreža značajno poboljšava prosečni odziv mreže u poređenju sa svakom od ovih mreža pojedinačno. Takođe su razvijene analitičke metode za analizu performansi hibridnog sistema (Heuck, 2010), (Unger, Kurner, 2009). Pod okriljem IEEE 802.21 grupe proces standardizacije procesa preuzimanja između različitih tehnologija sa DVB-H mrežama je u toku, kroz projekte koji uključuju glavne proizvođače opreme i operatere u Evropi (Buburuzan, et al, 2007). Uticaj parametara i zahtevanog kapaciteta na karakteristike DVB-H mreže za urbano gradsko područje je analiziran u (Popović, et al, 2009), dok su u (Popović, et al, 2011) analizirani i procenjeni efekti integracije DVB-H i 3G ćelijskih mreža, koji su gotovo u celosti predstavljeni u ovom radu.

Prethodna istraživanja jasno pokazuju da je hibridna konvergentna mreža koja će obezbediti interakciju između digitalne radio-difuzne mreže mobilne televizije i ćelijske mreže treće generacije vrlo dobro rešenje za obezbeđivanje usluge mobilne televizije. DVB-H nudi odličan kvalitet i veliki kapacitet, dok UMTS omogućava interaktivnost i dobru pokrivenost, pa se hibridnom mrežom može obezbediti optimalni multimedijalni servis. Ovi radovi i istraživanja takođe pokazuju tehničku izvodljivost hibridnog DVB-H i UMTS mobilnog radio-difuznog sistema.

Analiza tehnologija za pružanje usluga mobilne televizije

Standardi za digitalnu televiziju koji su razvijeni još 1980-tih i 90-tih godina nisu ispunjavali specifične zahteve koji se postavljaju pred mobilne uređaje, jer nisu uzimali u obzir da ovi uređaji imaju ograničenu snagu baterije, mali ekran, malu antenu sa neznatnim dobitkom i da mogu imati velike brzine kretanja (do 350 km/h u brzim vozovima).

Različite tehnologije su razvijene kako bi se omogućio prijem televizijskog signala na mobilnim uređajima koje pokušavaju na razne načine da reše gore navedene probleme. Mobilnu televiziju možemo distribuirati do krajnjeg korisnika bežičnim mrežama, mobilnim ćelijskim mrežama ili posebno namenjenim radio-difuznim mrežama.

Bežične tehnologije

Bežične lokalne računarske mreže (engl. *Wireless Local Area Networks* – *WLAN* ili *Wireless Fidelity* – *WiFi*), zasnovane na familiji standarda 802.11, omogućavaju velike brzine prenosa. Najpopularniji standard 802.11b (Hills,

2001) podržava brzine do 11 Mb/s, dok noviji standard 802.11g, koji je kompatibilan sa 802.11b, omogućava brzine prenosa do 54 Mb/s. Sa rastućom populamošću ovih tehnologija, one postaju zanimljive i kao sredstvo za prenos mobilne televizije. Ovo je jeftina tehnologija jer za nju nije potrebna licenca za rad, a relativno je jeftino i da se ovakve mreže realizuju.

Međutim, kod ovih tehnologija postoje problemi koji se moraju rešiti da bi se omogućilo pružanje usluge mobilne televizije preko njih, a to se pre svega odnosi na probleme obezbeđivanja neprimetnog preuzimanja.

WiMAX (engl. *Worldwide Interoperability for Microwave Access*) tehnologija obuhvata dva standarda: fiksni WiMAX 802.16d i mobilni WiMAX 802.16e. Standard WiMAX 802.16d omogućava brzine prenosa podataka od 70 do 100 Mb/s, dok mobilni WiMAX 802.16e obezbeđuje brzine prenosa do 15 Mb/s, opseg pokrivanja do 10 km i brzine kretanja prijemnika do 150 km/h. Ovaj standard omogućava veće brzine i veći opseg pokrivanja od WLAN tehnologija i, za razliku od njih, obezbeđivanje neprimetnog preuzimanja mobilnog aparata između dva susedna predajnika WiMAX mreže i mobilne ćelijske mreže (Gur, et al, 2008). Nedostatak ove tehnologije u odnosu na WiFi mreže je taj što WiMAX tehnologije koriste licencirani opseg frekvencija, a prednost mu je u tome što omogućuje i usmereni (engl. *Unicast*) i radio-difuzni način rada, što ga čini pogodnim za radio-difuzni prenos mobilne televizije, protočni video-prenos, kao i multimedijalne usluge na zahtev.

Tehnologije za usmereni prenos u ćelijskim mrežama

Uvođenjem protokola za prenos podataka bežičnim putem preko GSM ćelijskih mreža (engl. *General Packet Radio Service – GPRS*), omogućeno je da ove mreže prenose protočni video-saobraćaj u vidu kratkih video-sena. Na ovaj način operateri mobilne telefonije su unapredili svoje mreže, koje su osim prenosa govora mogle ponuditi i efikasan prenos podataka. Iako su i pre uvođenja GPRS protokola GSM mreže obezbeđivale prenos podataka ograničene brzine od 9,6 kb/s koristeći tehnologiju komutacije kanala, uvođenjem GPRS protokola i EDGE tehnologije (engl. *Enhanced Data Rates for GSM Evolution – EDGE*) za unapređenje brzina prenosa podataka preko GSM mreža, ove mreže su osposobljene za prenos multimedijalnih usluga. Ovo uključuje protočni video-saobraćaj, protočni audio-saobraćaj i snimanje multimedijalnog sadržaja na mobilnom aparatu. Međutim, kvalitet video-prenosa preko ovih mreža nije bio zadovoljavajući zbog ograničene brzine prenosa i zbog male brzine prenosa paketa podataka – ramova (engl. *Frame rate*) koje su ove mreže obezbeđivale.

Ćelijske mreže treće generacije su projektovane da obezbede velike brzine prenosa koje mogu biti do 384 kb/s i zbog svog velikog propusnog opsega se mogu koristiti za pružanje usluge mobile televizije

U okviru 3GPP projekta (engl. *3rd Generation Partnership Project*) razvijene su nove tehnologije, koje povećavaju mogućnosti mreža treće generacije u pogledu propusnog opsega i raznovrsnosti usluga (Stefanović, 2008). Te nove tehnologije su: tehnologija vrlo brzog prenosa podataka prema mobilnom aparatu (engl. *High Speed Downlink Packet Access – HSDPA*), tehnologija vrlo brzog prenosa podataka od mobilnog aparata ka mreži (engl. *High Speed Uplink Packet Access – HSUPA*), tehnologija vrlo brzog paketskog pristupa (engl. *High Speed Packet Access – HSPA+*) i LTE tehnologija (engl. *Long Term Evolution – LTE*). U normalnim uslovima HSDPA mreže omogućavaju distribuciju usluga brzinom od 384 kb/s za 50 korisnika u jednoj ćeliji (Kumar, 2007). 3GPP projekat je trenutno u fazi standardizacije novih izdanja 11 i 12. U Tabeli 1 su prikazane različite verzije 3GPP standarda.

Tabela 1 – Uporedna analiza različitih verzija 3GPP standarda
Table 1 – Comparative analysis of different versions of 3GPP standards

	3G	3.5G	LTE	4G
Spektar	3G FDD	3G FDD/TDD	3G FDD/TDD	3G FDD
Radio prenos	WCDMA	WCDMA, TD-CDMA	OFDMA, MIMO	OFDMA, MIMO
Opseg	5 MHz	5 MHz	1,25-20 MHz	100 MHz
Brzina prenosa	0,384-2 Mb/s	14,4 Mb/s	30-100 Mb/s	100-1000 Mb/s
Komutacija	Komutacija kola i paketa	Komutacija kola i paketa	Paketska komutacija	Paketska komutacija

Kod novih izdanja 3GPP standarda glavni zahtevi su da se spektralna efikasnost poveća tri do četiri puta u odnosu na spektralnu efikasnost kod izdanja 6 3GPP standarda za usluge usmerenog prenosa i ostvarivanje spektralne efikasnosti od 1 b/s/Hz za radio-difuzne usluge.

Distribucija mobilne televizije putem protočnog prenosa video-signala je opcija koju je izabralo najviše mobilnih operatera. Ona ne zahteva nikakvu dodatnu infrastrukturu, jer se koristi postojeći frekvencijski opseg, a svaki 3G prijemnik može da koristi ovu uslugu. Jedan broj mobilnih operatera ovakav način pružanja usluge vidi kao prvi korak prema mobilnoj televiziji, dok drugi operateri posmatraju ovaj način distribucije kao alternativu radio-difuznim tehnologijama, iako se vrlo često ove tehnologije posmatraju kao komplementarne.

Severna Amerika i zapadna Evropa su najveća tržišta za uslugu protočne televizije, a iza njih odmah sledi i pacifički deo Azije. Da bi protočni prenos video-signala bio ostvariv i imao smisla, ćelijska mreža treba da bude mreža treće generacije. Čak i u tom slučaju, porast broja korisnika mobilne televizije dovešće do toga da distribucija televizijske usluge preko protočnog prenosa više neće biti pogodna i tada će radio-difuzija postati praktičnija. Predviđanja su da se ovo neće desiti pre kraja 2014. godine na većini tržišta (Market Research, RNCOS, 2011). Očekivanja su da će se tržište protočnog prenosa povećavati

za 27% godišnje do 2014. godine (Insight Research Corp). Broj korisnika usluge protočne mobilne televizije će nastaviti da raste, iako manjom brzinom, i nakon tog trenutka, jer će operateri nuditi premijum sadržaje preko mobilnih mreža, dok će slobodne (besplatne) kanale nuditi preko radio-difuzne mreže. Pretplatu na mobilnu televiziju 2007. godine u svetu je imalo 26,3 miliona korisnika (Tele Analytics Mobile tv Tracking Service), a predviđa se da će ovaj broj do 2013. godine biti 180 miliona (Juniper Report). Očekivanja vezana za MBMS su takva da se očekuje da će biti 67 miliona korisnika ove usluge do 2013. godine sa najvećim brojem korisnika u zapadnoj Evropi i Severnoj Americi.

Međutim, iako su telefoni koji su sposobni za prijem video-signala sve rasprostranjeniji, porast broja korisnika plaćenih televizijskih usluga se ne kreće u skladu sa predviđanjima. Kombinacija ekonomske krize, lošeg pokrivanja 3G mreža za protočne video-servise i visokih cena ovih usluga, dovela je do sporijeg rasta pretplatničke baze mobilnih televizijskih servisa od očekivanog. Iako se očekuje da će konačno u jednom trenutku broj korisnika početi naglo da raste, ne očekuje se da će i prihodi od mobilne televizije pratiti taj rast broja korisnika.

Radio-difuzne tehnologije u ćelijskim mrežama

Multimedijalna MBMS tehnologija (engl. *Multimedia Broadcast Multicast Services*) podržava i radio-difuzni i grupni (engl. *Multicast*) način distribucije usluga unutar jedne 3G mreže. MBMS omogućava UMTS operaterima da emituju sadržaj preko svojih mobilnih ćelijskih mreža ili radio-difuzno ili samo do određene grupe korisnika, bez potrebe za novom radio-difuznom infrastrukturom. MBMS ima ograničen kapacitet, ali takođe ne zahteva dodatne troškove pri projektovanju ćelijske mreže. Mobilni terminal koji podržava MBMS tehnologiju ima brzine protoka od 64, 128 i 256 kb/s (Parkvall, et al, 2006).

Ćelijska multimedijalna radio-difuzija (engl. *Cell Multimedia Broadcast – CMB*) predstavlja kinesku varijantu ćelijske mobilne radio-difuzne tehnologije i predstavlja pojednostavljenu verziju MBMS tehnologije. Ova tehnologija koristi postojeći prenosni kanal IP protokola u širokopojasnim WCDMA (engl. *Wideband Code Division Multiple Access*) mrežama za radio-difuzni prenos protočnog saobraćaja IP podataka do ograničenog broja korisnika unutar svake 3G ćelije. Kineski proizvođači opreme tvrde da su dovoljne samo male promene u softveru mobilnog terminala i jednog dela mreže (kontrolera radio-mreže), a da se sva ostala postojeća infrastruktura i platforma za protočni saobraćaj i servise može koristiti za ovu novu radio-difuznu tehnologiju.

Radio-difuzni i grupni servis (engl. *Broadcast and Multicast Service – BCMCS*) je tehnologija standardizovana od strane 3GPP2 (engl. *3rd Generation Partnership Project 2*) i namenjena je mrežama koje koriste tehnologiju CDMA2000 1xEV-DO (engl. *Evolution Data Optimized – 1xEV-DO*). Prva verzija ovog servisa podržava brzinu protoka od 614 kb/s, što treba da omo-

gući prenos do četiri televizijska kanala u realnim uslovima. Druga verzija 1xEv-DO standarda omogućava mnogo veće brzine protoka koje se kreću do 1,8 Mb/s i omogućava mnogo veći broj televizijskih kanala koji će moći da se prenese do neograničeno velikog broja korisnika unutar jedne ćelije.

Integrirani mobilni radio-difuzni sistem (engl. *Integrated Mobile Broadcast – IMB*) je uveden u izdanju 8 3GPP standarda. IMB se bazira na WCDMA i MBMS tehnologijama. IMB tehnologija ima široku podršku od strane operatera i proizvođača opreme i podržana je od strane GSM asocijacije. Očekuje se da će IMB tehnologija omogućiti prenos do 20 radio-difuznih kanala u opsegu od 5 MHz brzinama od 300 kb/s po kanalu (Wang, et al, 2010).

Radio-difuzne tehnologije za mobilnu televiziju

Radio-difuzne tehnologije za mobilnu televiziju možemo podeliti u dve grupe: (a) zemaljski digitalni radio-difuzni sistemi i (b) satelitski i zemaljski hibridni sistemi.

Karakteristike ovih tehnologija se u mnogo čemu razlikuju, a odluka o tome koju od njih treba koristiti u mnogome zavisi od regije u kojoj se operater nalazi.

(a) Zemaljski digitalni radio-difuzni sistemi

Zemaljska radio-difuzija digitalnog video-signala (engl. *Digital Video Broadcasting-Terrestrial – DVB-T*) je kao standard razvijena u okviru DVB projekta i definisana evropskim standardom EN 300 744 novembra 2004. godine (DVB, 2004). DVB-T sistem za zemaljsku digitalnu televiziju je složen sistem koji je namenjen da se koristi pri različitim vrstama smetnji, u različitim frekvencijskim opsezima i raznim okruženjima. DVB-T je projektovan da bude vrlo fleksibilan sistem. Standardizovane su dve modulacije [QPSK i QAM (16QAM i 64QAM)], pet različitih kodnih odnosa zaštitnog kodovanja, četiri vrednosti zaštitnog intervala, dva načina rada (2k, 8k) i mogućnost rada u frekvencijskim kanalima širine od 6, 7 i 8 MHz. Ovaj sistem koristi OFDM modulaciju, gde se svaki simbol prenosi na više frekvencija i to: 1705 podnosilaca u 2k načinu rada, i 6817 podnosilaca u 8k načinu rada DVB-T sistema. Način rada sa 8k podnosilaca obezbeđuje bolju zaštitu od smetnji usled višeputnog prostiranja signala, dok je 2k način rada manje osetljiv na Doplerov efekat kada se prijemnik kreće. OFDM modulaciona tehnika je robusna u uslovima višestrukog prostiranja. DVB-T standard definiše i hijerarhijsku modulaciju, koja omogućava da se dva potpuno različita toka podataka modulišu u isti DVB-T signal, pri čemu je tok podataka višeg prioriteta utisnut u tok podataka nižeg prioriteta. Radio-difuzni predajnici na ovaj način mogu da opslužuju dva različita tipa prijemnika sa dva potpuno različita servisa. Na primer,

mobilni televizijski servis (DVB-H) optimizovan za teže uslove prijema može biti postavljen u tok podataka višeg prioriteta, a servis televizije visoke rezolucije namenjen za fiksni prijem u tok podataka nižeg prioriteta.

Iako originalno nije zamišljen kao standard koji će omogućavati mobilni televizijski prijem, kasnija istraživanja i ispitivanja karakteristika DVB-T sistema su pokazala da se ovaj sistem može koristiti za pružanje usluge mobilne televizije pod određenim uslovima, a pokrenuti su čak i neki komercijalni projekti (Project). Međutim, ovo rešenje ipak nije optimalno za uređaje koji se napajaju pomoću baterija i za prijem u ekstremnim uslovima kao što je na primer prijem u brzim vozovima, automobilima i slično.

Noviji standard DVB-T2 koji je odobren u junu 2008. godine donosi neka poboljšanja u odnosu na DVB-T, kao što su QAM modulacija sa većim brojem konstelacionih nivoa (256QAM), diverzitet predaja, a uvodi i različit broj nosilaca i pilot signala. DVB-T2 značajno unapređuje otpornost signala na smetnje uvođenjem novog načina kodovanja. DVB-T2 standard zajedno sa standardom MPEG-4 v.10 (H.264/AVC) za kompresiju video signala je izabran kao standard za digitalno emitovanje TV programa u Republici Srbiji (Ministarstvo za telek. i inf. društvo, 2008). Detaljan prikaz razvoja i glavnih karakteristika ovog standarda sa analizom osnovnih razlika u odnosu na DVB-T standard dat je u (Reljin, Sugaris, 2009).

Digitalna radio-difuzija integrisanih servisa (engl. *Integrated Services Digital Broadcasting – ISDB*) je japanski standard za digitalnu televiziju i digitalni radio. Ovaj standard predstavlja modifikovanu verziju evropskog Eureka standarda za digitalnu radio difuziju audio-signala (engl. *Eureka 147 Digital Audio Broadcasting – DAB*), a koristi H.264 video-standard i standard naprednog audio-kodovanja na bazi MPEG-2 (*Moving Picture Expert Group – MPEG*) transportnog toka podataka, sa najvećom brzinom protoka od 128 kb/s pri rezoluciji od 320x240 piksela. Prvi komercijalni servis je pokrenut u Japanu 2006. godine.

Termin ISDB (engl. *Integrated Services Digital Broadcasting*) pokriva nekoliko standarda, i to ISDB-S (satelitska televizija), ISDB-T (zemaljska televizija), ISDB-C (kablovska televizija), ISDB-TSB (radio-difuzija zvuka, engl. *Sound Broadcasting – SB*) i mobilni radio-difuzni standard u opsegu 2,6 GHz (Furth, Ahson, 2008). Svaki od ovih standarda omogućava prenos televizijske slike visoke rezolucije (engl. *High Definition Television – HDTV*), a razlikuju se uglavnom u korišćenoj modulaciji. ISDB-T standard je razvijen za rad u opsegu nekorišćenih televizijskih kanala, i trebalo bi da omogući prijem televizijske slike visoke rezolucije u automobilima pri brzini kretanja od 100 km/h, iako ovo još uvek nije i dokazano u realnom okruženju.

Da ovaj standard nije ograničen samo na Japan dokazuje i to što je ISDB-T standard u junu 2006. godine izabran od strane Brazila za nacionalni standard za digitalnu televiziju, kao najfleksibilniji za obezbeđivanje mobilnog i prenosnog prijema.

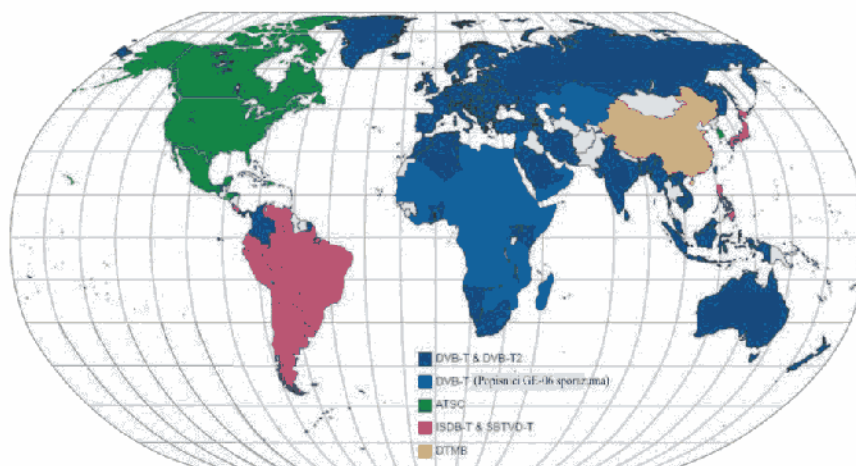
Zemaljska digitalna multimedijalna radio-difuzija (engl. *Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting – T-DMB*) je digitalni mobilni radio-difuzni sistem projektovan u Južnoj Koreji koji se bazira na Eureka 147 DAB sistemu, a preporukom TS 102 428 je standardizovan od strane Evropskog instituta za telekomunikacione standarde (engl. *European Telecommunications Standards Institute – ETSI*). Prva mreža po T-DMB standardu je počela sa radom u Koreji u decembru 2005. godine. T-DMB sistem omogućava radio-difuziju podataka, audio i video-signalata. Programi koji se prenose koriste brzine protoka od 1 do 1,5 Mb/s, korišćenjem frekvencijskih kanala širine 1,536 MHz. T-DMB koristi DAB sistem za prenos, što mu omogućava prenos u širokom opsegu frekvencija, i to od 30 MHz do 3 GHz. Međutim, najčešće korišćeni opsezi su treći deo UHF opsega (174-240 MHz) i L-opseg (1452-1492 MHz). T-DMB tehnologija i proizvođači ove tehnologije imaju podršku od strane vlade Koreje, ali postizanje sličnog uspeha van Koreje je vrlo teško, posebno u regionima gde političku podršku imaju konkurentne tehnologije, kao što je slučaj u Evropi i Kini (Kumar, 2007).

MediaFLO je tehnologija za radio-difuziju mobilne televizije u vlasništvu američke firme *Qualcomm*. Kao standard je preporučen od strane Sektora za radio međunarodne unije za telekomunikacije ITU-R, a takođe je standardizovan i od strane Evropskog instituta za standarde u telekomunikacijama ETSI (*Forward Link Only Air Interface*, 2009). MediaFLO se sastoji od FLO (engl. *Forward Link Only*) tehnologije na radio-interfejsu i medijskog distributivnog sistema. Radio-interfejs FLO sistema je standardizovan 2006. godine od strane Severnoameričkog udruženja telekomunikacione industrije (engl. *Telecommunications Industry Association – TIA*) pod oznakom TIA-1099. Ova tehnologija se bazira na OFDM modulacionoj tehnici prenosa i namenjena je prvenstveno za grupnu distribuciju sadržaja. Ova ćelijska tehnologija za mobilnu televiziju je projektovana kao dopuna ćelijske mobilne mreže, ali u drugom delu radio-frekvencijskog spektra. MediaFLO tehnologija omogućava operaterima da obezbede oko 20 televizijskih kanala rezolucije 320×240 i brzine protoka do 30 ramova u sekundi. MediaFLO se razlikuje od najvećeg broja drugih tehnologija za radio-difuziju u tome što nema mehanizam za ispravljanje grešaka, a koristi se turbo kodovanje da se poboljša otpornost signala na smetnje. FLO tehnologija ne koristi IP protokol za televizijski prenos i video-servise, s tim da ovaj protokol može biti podržan za uslugu prenosa podataka koji se ne prenose u realnom vremenu, kao što su kratki video-zapisi (engl. *Video clips*), tonovi za zvono itd. Sistem može da radi u različitim opsezima (UHF i VHF), a prenos je moguć za širine spektra od 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz i 8 MHz. Različite modulacije se mogu birati, a tipične brzine protoka se kreću u opsegu od 0,47 do 1,87 bit/s/Hz. Kako bi se smanjila potrošnja baterije prenosnog uređaja koristi se prenos podataka u grupama paketa i nekontinualan prenos paketa sličan kao kod DVB-H standarda.

U oktobru 2009. godine Američki komitet za napredne televizijske sisteme (engl. *Advanced Television Systems Committee – ATSC*) je odobrio standard za mobilnu digitalnu televiziju ATSC-M/H (engl. *ATSC – Mobile/Handheld – ATSC-M/H*) koji definiše tehničke zahteve neophodne za obezbeđenje novih usluga za mobilne uređaje putem radio-difuzije digitalne televizije. Ukupna raspoloživa brzina protoka koju omogućava ovaj standard je 19,39 Mb/s. Video-signal je komprimovan korišćenjem H.264/MPEG-4 standarda, dok se za audio-signal koristi vrlo efikasno napredno audio-kodovanje (engl. *High-Efficiency Advanced Audio Coding – HE-AACv2*). Video-format ima rezoluciju od 416x240 linija, a podaci se prenose posredstvom IP protokola.

Svaki ATSC-M/H kanal prenosi oko 600 kb/s korisnih podataka i, zavisno od primenjenog kodovanja, svaki od ovih kanala zauzima od 1,5 do 2 Mb/s u ATSC toku podataka. Za razliku od ovog, svaki fiksni televizijski kanal standardne rezolucije zahteva brzinu prenosa od 3 Mb/s do 4 Mb/s, a kanal visoke rezolucije između 12 Mb/s i 15 Mb/s, zavisno od formata i kvaliteta. Operater na osnovu ovoga može da se opredeli za usluge koje će ponuditi krajnjem korisniku, s obzirom na ukupno raspoloživ opseg ATSC toka podataka od 19,93 Mb/s. Maksimalna dozvoljena brzina prenosa rama kod ovog sistema je 30 ramova u sekundi (Lim, Dai Lee, 2010).

Na Slici 3 je prikazano trenutno stanje rasprostranjenosti radio-difuznih tehnologija u svetu.



Slika 3 – Trenutno stanje rasprostranjenosti radio-difuznih tehnologija u svetu
Figure 3 – Current distribution of broadcast technologies in the world

U tabeli 2 je dat pregled nekih osnovnih parametara različitih tehnologija za radio-difuznu mobilnu televiziju.

Tabela 2 – Osnovni parametri radio-difuznih tehnologija za mobilnu televiziju
Table 2 – Basic parameters of broadcast technologies for mobile television

	ATSC-M/H	DVB-H	T-DMB	ISDB-T	MediFlo
Država	SAD	Evropa	J.Koreja	Japan	SAD
Frekv. opseg	VVF,UVF	VVF,UVF,L	VVF, UVF, L	VVF, UVF	UVF
Širina opsega	6 MHz	8 MHz	1,5 MHz	6 MHz	6 MHz
Video kodovanje	MPEG-4	MPEG-4	MPEG-4	MPEG-2	MPEG-4
Audio kodovanje	AAC+	AAC+	AAC+/BSAC	AAC+	AAC+

(b) Satelitski i zemaljski hibridni sistemi

Satelitski digitalni multimedijalni radio-difuzni sistem (engl. *Satellite – Digital Multimedia Broadcast – S-DMB*) je prvi sistem za radio-difuziju mobilne televizije baziran na satelitima, i počeo je sa radom 2004. godine. To je hibridni sistem koji pored satelitskog prenosa koristi repetitore na zemlji da obezbedi pokrivanje unutar objekata u urbanim područjima. Ovaj sistem je prvenstveno namenjen za tržište Južne Koreje, ali je takođe implementiran i u Japanu.

S-DMB sistem koristi širinu opsega od 25 MHz u S frekvencijskom opsegu od 2310-2360 MHz i 2535-2655 MHz, a u Evropi 2170-2200 MHz. Korišćenje S opsega omogućava mobilnim uređajima direktan prijem, bez potrebe za posebnom antenom. S-DMB sistem namenjen za korišćenje u Koreji može da prenosi 11 video-kanala, 25 audio-kanala i tri kanala podataka, ali se raspored kanala može menjati (Kumar, 2007). Negativna strana korišćenja S-DMB tehnologije je korišćenje satelita velike izlazne snage, što nije lako za implementaciju.

Kineska mobilna multimedijalna radio-difuzija (engl. *China Mobile Multimedia Broadcasting – CMMB*) je kineski standard za radio-difuziju mobilne televizije koji je propisan od strane Kineske državne uprave za radio, film i televiziju (engl. *State Administration of Radio, Film, and Television – SARFT*). CMMB standard koristi frekvencije u opsegu 2635-2660 MHz (S opseg) za satelitski prenos i repetitore za zemaljski prenos, sa dodatnom zemaljskom radio-difuznom mrežom koja radi u opsegu 470-862 MHz. Opseg kanala može biti 2 MHz i 8 MHz, zavisno od brzine protoka. Ova tehnologija omogućava prenos 30 audio-kanala i 25 video-kanala, i može da obezbedi brzine protoka do 16 Mb/s u opsegu širine 8 MHz, a do 3 Mb/s u opsegu od 2 MHz. Koristi se OFDM modulaciona tehnika prenosa sa 4k načinom rada za 8 MHz opseg i 1k načinom rada za 2 MHz opseg (Zhang, 2009).

Japanski satelitski mobilni radio-difuzni sistem (engl. *Mobile Broadcasting Satellite – MBSAT*) je sistem koji koristi japanska korporacija za mobil-

nu radio-difuziju u svrhu obezbeđivanja digitalnih multimedijalnih sadržaja i usluga mobilnim korisnicima u Japanu. MBSAT radi u S opsegu i koristi MPEG-4 standard za kompresiju video-signala i napredno audio-kodovanje AAC (engl. *Advanced Audio Coding*) za prenos audio-signala. Ovaj sistem obezbeđuje prenos više od 50 audio i video-programa istovremeno.

Satelitska radio-difuzija digitalnog video-signala za prenosne uređaje (engl. *Digital Video Broadcasting - Satellite services to Handhelds – DVB-SH*) je hibridni satelitski i zemaljski sistem koji koristi dva prenosna puta relativno nezavisna jedan od drugog. DVB-SH koristi OFDM modulacionu tehniku prenosa poput DVB-H i DVB-T sistema. Ovaj sistem koristi satelitsku komunikaciju da obezbedi servis na velikim područjima, a zemaljsku komunikaciju koristi tamo gde direktan prijem satelitskog signala nije moguć. Ovaj standard uvodi korišćenje satelitskog prenosa u S opseg od 2170 do 2200 GHz za pružanje usluge mobilne televizije, a ozvaničen je u februaru 2007. godine. Maksimalni protok DVB-SH sistema je 17,23 Mb/s, dok se trenutno za mobilnu televiziju koristi brzina protoka do oko 4 Mb/s. Postoje dve moguće konfiguracije fizičkog sloja u satelitskoj komponenti DVB-SH sistema, tj. dva načina realizacije DVB-SH mreže, i to SH-A i SH-B.

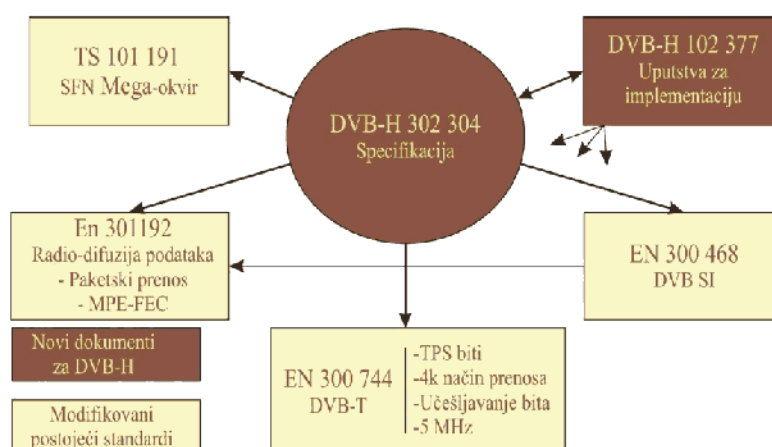
Satelit koji pokriva Evropu je lansiran u aprilu 2009. godine, a prva test mreža je puštena u rad u Francuskoj novembra 2009. godine.

DVB-H standard

DVB-H sistem se može definisati kao prenosni sistem baziran na nekoliko DVB standarda koji ima za cilj efikasnu distribuciju multimedijalnih sadržaja do mobilnih prenosnih uređaja putem zemaljske radio-difuzije signala (Samčović, 2001). Standard ETSI EN 302 304 V1.1.1 (DVB, 2004) objavljen od strane ETSI-a definiše DVB-H sistem kao kombinaciju elemenata fizičkog sloja, sloja veze podataka i servisnih informacija. Glavni standard na kojem se DVB-H sistem bazira je ETSI EN 300 744 koji predstavlja osnovni DVB-T standard, dok specifikacija ETSI EN 301 192 definiše DVB standard za radio-difuzni prenos podataka. Ovaj standard definiše koncepte koje koristi nekoliko DVB standarda, uključujući i DVB-H standard. Specifikacija ETSI EN 300 468 definiše format servisne informacije (engl. *Service information*) u DVB sistemu, uključujući i DVB-H sistem. Pored ovih specifikacija, ETSI tehnički izveštaj (engl. *ETSI Technical Report – TR*), koji daje smernice za implementaciju DVB-H sistema ETSI TR 102 377, daje kompletan pregled karakteristika i osobina DVB-H sistema. Uvođenje DVB-H sistema ima uticaja i na tehničku specifikaciju ETSI TS 101 191 pod nazivom DVB mega-okvir za sinhronizaciju radio-difuzne mreže na jednoj radio-frekvenciji (engl. *Mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization*). Na slici 4 prikazan je skup protokola DVB-H standarda sa označenim novinama uvedenim sa DVB-H specifikacijom.

DVB-H standard je preporučen od strane Evropske komisije za implementaciju mreža mobilne televizije (Official Journal of the EU, 2008), a komercijalne mreže mobilne televizije bazirane na DVB-H standardu su već u radu u mnogim državama sveta.

Na fizičkom sloju DVB-H koristi odgovarajuće elemente DVB-T standarda, sa nekoliko proširenja koja ovaj sistem prilagođavaju za prijem na mobilnim prenosnim uređajima. Ova proširenja su uvedena na sloju veze i to nova tehnika koja omogućava smanjenje potrošnje baterije, tako što se prenos ne vrši kontinualno nego u vremenskim intervalima – paketima (engl. *Time slicing*) i dodatno zaštitno kodovanje za detekciju i korekciju grešaka na MPE sloju (engl. *Multi Protocol Encapsulation-Forward Error Corection – MPE-FEC*).



Slika 4 – Familija DVB-H standarda (Kornfeld, May, 2007)

Figure 4 – Family of DVB-H standards (Kornfeld, May, 2007)

Nekontinualni prenos signala je način prenosa koji omogućava smanjenje potrošnje snage prijemnika od 90% do 95% i neprimetno preuzimanje. Neprimetno preuzimanje znači da se prelaz iz jedne u drugu mrežu ostvaruje bez gubitka i bez kašnjenja prenošenih podataka. MPE-FEC je metod koji poboljšava karakteristike sistema u pogledu odnosa signal/šum, u odnosu na Doplerov efekat i omogućava bolju otpornost sistema na impulsne smetnje. Korišćenje nekontinualnog prenosa signala je obavezno, dok je korišćenje MPE-FEC zaštitnog kodovanja opciono u DVB-H mrežama.

Da bi se preko MPEG-2 transportnog protokola omogućio prenos saobraćaja IP protokolom (IPv4 i IPv6) postoje dve grupe standarda i to: standardi za prenos podataka posredstvom IP protokola (DVB-IPDC) (Kornfeld, May, 2007), i standardi objavljeni od strane organizacije za mobilnu radio-difuziju (engl. Open Mobile Alliance Broadcast – OMA-BCAST)

u maju 2007, koji imaju za cilj da obezbede zajednički sloj servisa preko mreža baziranih na IP protokolu, i to DVB-H, MBMS i BCMCS mreža. Ovi standardi mogu biti iskorišćeni za kombinaciju DVB-H mreže sa dvo-smernim mrežama, kao što su ćelijske mreže treće generacije.

Standardi DVB-IPDC i OMA-BCAST upotpunjuju DVB-H standard, tako što definišu nivoe od trećeg do sedmog sloja OSI (engl. *Open Standards Interface*) sistema i prerađuju neke od protokola na drugom OSI sloju, posebno programske specifične informacije i servisne informacije. Pošto ove dve grupe standarda obezbeđuju slične funkcije i funkcije koje se preklapaju, operateri DVB-H mreža mogu da izaberu koji će standard koristiti na osnovu poređenja pojedinih njihovih osobina, kao što su tehnologija, poslovni modeli i troškovi implementacije.

DVB-H sistem je standardizovan za korišćenje u VLF III opsegu (174-230 MHz), UVF opsezima IV i V (470-598 MHz i 598-862 MHz) i u L opsegu frekvencija od 1452 MHz do 1492 MHz (DVB, 2009).

Kako je fizički sloj DVB-T i DVB-H sistema isti, DVB-H mreža mobilne televizije može biti izvedena u tri različite varijante i to: zajednička mreža DVB-T i DVB-H, mreža dodeljena samo za DVB-H i hijerarhijski organizovana mreža.

Zajednička mrežna infrastruktura podrazumeva da mobilni televizijski kanali nakon prolaska kroz sistem za pakovanje IP podataka dele isti multipleks sa drugim DVB-T zemaljskim kanalima. DVB-T kanali mogu pri tome biti kodovani korišćenjem MPEG-2 protokola dok su mobilni televizijski kanali kodovani korišćenjem MPEG-4 protokola.

Pored ovoga DVB-H sistem dozvoljava izvođenje nekoliko različitih mrežnih topologija i to: jednofrekvencijska mreža (eng. *Single Frequency Network – SFN*), višefrekvencijska mreža (eng. *Multi Frequency Network – MFN*) i kombinovana mreža.

Koji tip mreže ćemo odabrati zavisi od područja koje se želi pokriti DVB-H signalom.

Mogućnosti integracije mobilnih radio-difuznih televizijskih mreža i ćelijskih mreža treće generacije

Već od prvih dana razvoja radio-difuznih mreža za mobilnu televiziju uvidelo se da je neophodno da postoji interaktivnost u mreži. Kako su radio-difuzne mreže u svojoj prirodi jednosmerne i ne poseduju povratni prenosni kanal, njihova integracija sa ćelijskim mrežama se nametala kao logično rešenje, gde bi povratni kanal neophodan za interakciju sa radio-difu-

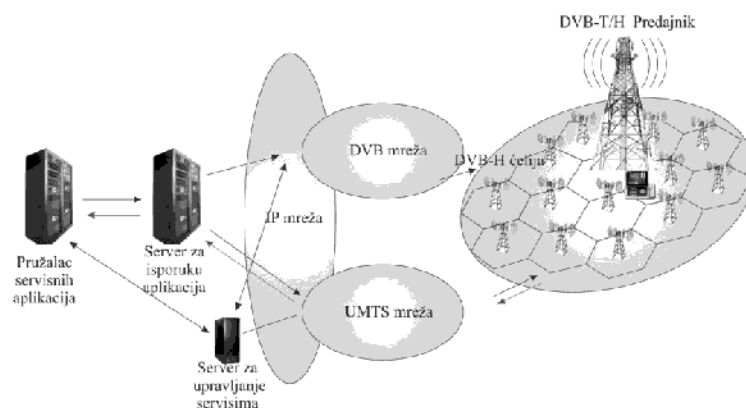
znom mrežom bio ostvaren preko ćelijske mreže druge ili treće generacije. Integracija 3G mreža i DVB-H mreža radi obezbeđivanja povratnog kanala je jedan vid integracije ovih mreža, dok se drugi vid integracije odnosi na integraciju ovih mreža u vidu konvergentne mreže u kojoj bi obe mreže zajedno učestvovala u pružanju usluga mobilne televizije.

Pošto DVB-H standard definiše samo slojeve ispod sloja IP protokola, druge specifikacije definišu slojeve iznad kako bi DVB-H bio sposoban za prenos video-signala baziranih na IP protokolu. Ove specifikacije su neophodne za opis, signalizaciju, distribuciju i zaštitu aplikacija baziranih na IP protokolu koje se prenose preko DVB-H mreže.

Serijska istraživanja provedenih u poslednje vreme ukazuje da su hibridne mreže opravdane i da bi njihova primena imala za rezultat poboljšanje efikasnosti prenosa i zadovoljstva krajnjeg korisnika (Ahmavaara, et al, 2003), (Heuck, 2010). Korišćenjem dobro odabranog načina za balansiranje opterećenja u hibridnom načinu rada DVB-H i UMTS mreže saobraćaj može biti deljiv na svakoj od ovih mreža. Sve mreže mobilne televizije bazirane na DVB-H danas u svetu koriste, za obezbeđivanje povratnog kanala, 3G ćelijsku mrežu ukoliko je dostupna i na ovaj način obezbeđuju interakciju korisnika sa DVB-H mrežom (Barquero, et al, 2007).

Principijska šema hibridne mreže je prikazana na slici 5.

Izborom pogodnog mehanizma za upravljanje opterećenjima DVB-H i UMTS mreža koje čine hibridnu mrežu mobilne televizije, obe ove mreže se mogu efikasnije iskoristiti. U hibridnoj mreži ćelijska mreža treće generacije može biti iskorišćena i za ispravljanje grešaka u radio-difuznom prenosu podataka (Barquero, et al, 2010).



Slika 5 – Principijska šema hibridne mreže
Figure 5 – Diagram of the hybrid network principle

Razvoj novih mobilnih servisa i servisa za upravljanje QoS-om za kombinovanu radio-difuznu i mobilnu mrežu korišćenjem IPv6 platforme je u fokusu projekta DAIDALOS (*engl. Designing Advance network Inter-*

faces for the Delivery and Administration of Location independent Optimized personal Services) pokrenutog od strane Evropske komisije. Mobilni IPv6 protokol sa svojim dodatkom za brzo preuzimanje je standardizovan od strane IETF organizacije (engl. *Internet Engineering Task Force*) da bi se obezbedilo neprimetno preuzimanje prijemnika od strane čvorova mobilne mreže.

U konvergentnoj DVB-H i UMTS mreži preuzimanje unutar sistema je neophodno da se obezbedi optimalno dodeljivanje radio resursa, što će za posledicu imati efikasniji rad mreže i obezbeđivanje zahtevanog kvaliteta usluge.

Da bi se omogućila konvergencija mreža baziranih na različitim tehnologijama i unapredile usluge koje se pružaju korisnicima omogućavajući preuzimanje između različitih tehnologija i pri tom obezbedio kontinuitet usluge, IEEE (engl. *Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE*) je razvio novi standard IEEE 802.21 (De La Olivia, 2008). Osnovni cilj ovog standarda je da omogući preuzimanje između mreža koje potpadaju pod grupu standarda IEEE802 i 3G mreža.

Analiza opravdanosti realizacije hibridne DVB-H/UMTS mreže

Da bi analizirali efekte integracije radio-difuzne DVB-H mreže i mobilne mreže treće generacije u hibridnu mrežu mobilne televizije, sprovedeno je istraživanje (Popović, et al, 2009, 2011). Cilj istraživanja je bio da se utvrdi da li i kakve prednosti ima hibridna mreža u odnosu na svaku od ovih mreža pojedinačno. Analizirano je kako da se minimizuju troškovi uspostavljanja mreže mobilne televizije implementacijom hibridne mreže na praktičnom primeru. Karakteristike ove hibridne mreže su u radu upoređene sa DVB-H i UMTS mrežama pojedinačno i procenjen dobitak koji hibridna mreža ima u odnosu na DVB-H mrežu. Analiza i simulacije su provedene za područje regije severozapadne Bosne i Hercegovine – Banjalučka regija.

Kako je na području od interesa UMTS mreža već dostupna i u radu, pretpostavili smo da je dostupnost ove mreže obezbeđena u svakoj tački regije. Da bismo bili u mogućnosti da uradimo ovu analizu u toku rada je urađeno nominalno radio-planiranje DVB-H mreže na čitavom području od interesa, za nekoliko varijanti kapaciteta sistema – broja televizijskih kanala i nakon toga je razrađeno nekoliko kombinacija ove mreže sa postojećom UMTS mrežom i analizirani su efekti integracije ovih mreža.

Da bi DVB-H mreža mogla da obezbedi prenos zadatog broja televizijskih kanala, ona mora da zadovolji određen kapacitet prenosa, odnosno brzinu protoka na fizičkom nivou. Nakon što se odrede kombinacije parametara sistema s obzirom na zahtevani protok, može se pristupiti nominalnom ra-

dio-planiranju DVB-H mreže i određivanju potrebnog broja predajnika, kako bi se obezbedio signal potrebnog kvaliteta na čitavom području od interesa.

Jedan od osnovnih zadataka koji moramo razjasniti na početku procesa planiranja mreže mobilne televizije je da se odredi način implementacije mreže tj. da se odredi da li operater koji implementira hibridnu mrežu mobilne televizije već poseduje određenu infrastrukturu i koju. Da li se radi o postojećem radio-difuznom operateru koji poseduje visoke lokacije sa infrastrukturom na tim lokacijama, da li se radi o mobilnom operateru koji poseduje čelijsku mrežu sa niskim lokacijama, ili se radi o novom operateru koji uopšte ne poseduje infrastrukturu i tek treba da je izgradi. Odgovori na ova pitanja će usloviti potpuno drugačiju konfiguraciju mreže kod sva tri tipa operatera.

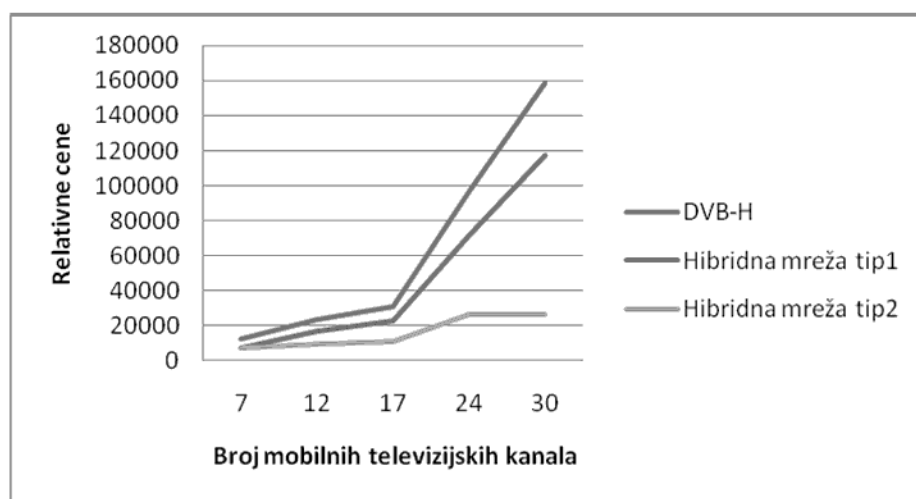
Jedno od glavnih ograničenja pri uspostavi nove DVB-H mreže je velika cena koštanja implementacije ovakve mreže zbog neophodnosti investiranja u infrastrukturu. Problem istraživan u ovom radu je kako da se minimizuju troškovi uspostavljanja mreže mobilne televizije korišćenjem postojeće infrastrukture čelijskih mreža pod pretpostavkom da nam je čelijska mrežna infrastruktura na raspolaganju i da čelijska 3G mreža i DVB-H mreža pokrivaju isto područje. Kombinovanje DVB-H mreže sa 3G mrežom u jednu hibridnu mrežu može nam dati mogućnost postepenog razvoja mreže mobilne televizije prateći korisničke zahteve. Pretpostavljeno je takođe da je centralna infrastruktura za pružanje usluga mobilne televizije zajednička i da je obezbeđen mehanizam za centralno nadziranje performansi hibridne mreže.

Nove tehnologije pored tehničkih unapređenja u smislu protoka i brzine, donose i veće cijene koštanja opreme. Jedan model tehnno-ekonomske analize opravdanosti uvođenja različitih DVB sistema je prikazan u (Sugaris, Reljin, 2011).

Investicija u novu infrastrukturu je nešto što će pored troškova same opreme značajno da utiče na troškove implementacije DVB-H mreže (Popović, et al, 2009). Da bi se ovi troškovi smanjili trebalo bi u procesu planiranja mreže razmotriti mogućnost smeštanja DVB-H uređaja na iste lokacije gde se već nalaze postojeći GSM/UMTS sistemi. Pri ovoj kolokaciji DVB-H uređaja sa drugom opremom u gradskim lokacijama potrebno je posebno voditi računa o ukupnoj izračenoj snazi s obzirom na postojeća ograničenja u smislu izloženosti ljudi elektromagnetskom zračenju. Zaključeno je da DVB-H predajnici dovode do značajnog povećanja ukupne izračene snage na lokaciji na kojoj se već nalaze GSM/UMTS uređaji.

Da bismo izvršili analizu troškova implementacije DVB-H mreže na području od interesa uzeli smo u obzir samo troškove predajnika i odredili relativne odnose kako je opisano u (Popović, et al, 2011). Kombinujući ove vrednosti sa rezultatima dobijenim za potreban broj DVB-H predajnika da bi se obezbedio signal potrebnog kvaliteta na posmatranom području dobijamo relativni odnos cena koštanja DVB-H mreže za sve konfiguracije sistema (Popović, et al, 2009, 2011).

U radu je analizirano kako se kreću troškovi implementacije mreže mobilne televizije za nekoliko scenarija, a detaljna analiza se može naći u (Popović, et al, 2011). Ovde ćemo radi ilustracije navesti rezultate analize implementacije hibridne mreže za dva slučaja hibridne mreže i to: hibridne DVB-H/UMTS mreže (tip 1) koja odgovara scenariju dobijenom pod pretpostavkom da je UMTS mreža u ovom momentu dostupna u svim gradovima za koje je rađena analiza. U analizi je pretpostavljeno da se posredstvom ove UMTS mreže obezbeđuje signal mobilne televizije u objektima, dok se van objekata u gradovima signal mobilne televizije obezbeđuje posredstvom DVB-H mreže, i hibridne DVB-H/UMTS mreže (tip 2) koja odgovara scenariju dobijenom pod pretpostavkom da će u dogledno vreme UMTS mreža postati dostupna u čitavoj regiji, i neće biti ograničena samo na urbana područja. To je hibridna mreža dobijena na način da se instaliraju samo DVB-H predajnici na visokim lokacijama. Signal mobilne televizije bi se na svim područjima gde se ne može obezbediti pomoću ovih DVB-H predajnika obezbeđivao putem UMTS mreže. Sa slike 6 se može videti uticaj tipa hibridne mreže na kompleksnost i cenu implementacije mreže mobilne televizije i uštede koje se mogu postići, a koje idu i do 20%.



Slika 6 – Uticaj načina realizacije hibridne mreže na troškove implementacije mreže mobilne televizije

Figure 6 – Effects of the hybrid network realization mode on the costs of the mobile TV network implementation

U oba ova slučaja hibridne mreže tip 1 i hibridne mreže tip 2 očigledno je koliko hibridna mreža utiče na smanjivanje troškova implementacije u odnosu na mrežu za mobilnu televiziju koja bi bila realizovana samo preko DVB-H mreže.

Hibridnom mrežom ćemo dobiti mogućnost da sve televizijske kanale koje ne prenosimo preko DVB-H imamo u ponudi, s tim da ćemo ove mobilne televizijske kanale nuditi korisnicima preko UMTS mreže. Ovo nam otvara mogućnost praćenja popularnosti određenih kanala i na dinamičkoj bazi određivanja koji kanali treba da se prenose preko DVB-H mreže, a koji preko UMTS mreže.

U početnoj fazi uvođenja mobilne televizije, ćelijska 3G mreža se koristi ne samo da bi se izbegla radio-difuzija televizijskih servisa koje će gledati svega nekoliko korisnika, nego i da se izbegne uvođenje novih DVB-H lokacija u slabo naseljenim područjima, dok to ne bude ekonomski opravdano.

Uštede hibridne mreže u slučaju hibridne mreže tip 2 bile bi enormno velike, međutim, ovakva mreža bi imala smisla za veliki broj mobilnih televizijskih kanala samo u slučaju da ne postoji veliko interesovanje korisnika za servis mobilne televizije.

Zaključak

U radu su prikazani rezultati istraživanja mogućnosti integracije radio-difuznih mreža DVB-H za mobilnu televiziju i ćelijskih mreža treće generacije. Analizirani su trendovi u razvoju usluge mobilne televizije, kao i postojeći standardi za mobilnu televiziju, s posebnim osvrtom na DVB-H. Prikazana su dosadašnja istraživanja koja imaju za cilj traženje optimalnih načina za integraciju različitih tipova mreža. Analizirani su razlozi i mogućnosti za integraciju DVB-H i ćelijske mreže treće generacije UMTS. Prikazana su i analizirana u literaturi dostupna istraživanja iz oblasti hibridnih DVB-H/UMTS mreža. Na praktičnom primeru su istražene mogućnosti i opravdanost realizacije hibridne DVB-H/UMTS mreže i analizirani efekti integracije DVB-H i UMTS mreža.

Analize provedene u ovom radu pokazuju prednosti kombinacije DVB-H mreže i 3G ćelijske mreže UMTS u hibridnu mrežu mobilne televizije DVB-H/UMTS.

Literatura

Ahmavaara, K., Haverinen, H., and Pichna, R., 2003, "Interworking Architecture Between 3GPP and WLAN Systems", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 46, no. 11, pp. 74–81, November.

Barquero, D. G., Cardona, N., Bria, A., Zander, J. 2007, "Affordable Mobile TV Services in Hybrid Cellular and DVB-H Systems", *IEEE Network*, vol. 21, no. 2, pp. 34–40, March/April.

Barquero, D.G., Aguilera, A.F., Cardona, N., Bria, A., 2010, "RRM for Filecasting Services in Hybrid DVB-H/3G+ Systems", *Proc. of IEEE WCNC*, pp. 1–6.

Buburuzan, T., May, G., Mödeker, J., 2007, "Integration of Broadcast Technologies with Heterogeneous Networks – An IEEE 802.21 Centric Approach", *Dig. of Tech. Paper, Proc. of IEEE ICCE*, pp. 1–2, Jan.

- De La Oliva, A., Banchs, A., Soto, I., 2008, "An overview of IEEE 802.21: Media independent handover services", *IEEE Wireless Communications*, vol. 15, no. 4, pp. 96–103, August.
- Furht, B., Ahson, S., 2008, *Handbook of Mobile Broadcasting: DVB-H, DMB, ISDB-T, AND MEDIAFLO*, CRC Press.
- Gur, G., Bayhan, S. and Jamalipour, F. A. A., 2008, "Onn the Use of Wi-MAX as the Terrestrial Segment for DVB-SH Networks", *IEEE Int. Workshop on Satellite and Space Comm., IWSSC 2008*, pp. 326–330.
- Hartl, M., Rauch, C., Sattler, C., Baier, A., 2005, "Trial of a Hybrid DVB-H/GSM Mobile Broadcast System", *14th IST05*, Dresden, 19–23 June, URL: <http://www.eurasip.org/Proceedings/Ext/IST05/papers/521.pdf>
- Heuck, C., 2010, "An Analytical Approach for Performance Evaluation of Hybrid (Broadcast/Mobile) Networks", *IEEE Trans. on Broadcasting*, vol. 56, no. 1, pp. 9–18, Mart.
- Heuck, C., 2005, "Benefits and limitations of hybrid (broadcast/mobile) networks", *Proc. of 14th IST05*, Dresden, 19–23 June.
- Hills, A., 2001, "Large-Scale Wireless LAN Design", *IEEE Comm. Mag.*, vol. 39, no. 1, pp. 98–107, November.
- Kornfeld, M., May, G., 2007, "DVB-H and IP datacast: Broadcast to handheld devices", *IEEE Trans. on Broadcast.*, vol. 53, no. 1, pp. 161–170, March.
- Kumar, A., 2007, *Mobile TV: DVB-H, DMB, 3G Systems and Rich Media Applications*, Focal Press.
- Lim, C. and Dai Lee, B., 2010, "Development of ATSC-MH Receiver for Mobile Digital TV Services", *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol. 56, no. 3, pp. 1304–1310.
- Miloucheva, I., Wagner, D., Modeker, J., Pascotto, R., Jonas, K., 2007, "Support of interactive QoS based services in hybrid broadcast and mobile IPv6 environment", *Proc. of 16th IST Mobile and Wireless Comm. Summit*, pp.1–5.
- Parkvall, S., Englund, E., Lundevall, M., and Torsner, J., 2006, "Evolving 3G Mobile Systems: Broadband and Broadcast Services in WCDMA", *IEEE Comm. Mag.*, vol. 44, no. 2, pp. 30–36, Februry.
- Popović, M.L., Vujasinović, Ž.J., Šunjevarić, M.M., 2009, "Analysis of the influence of parameters and required capacity on characteristics of the DVB-H network", *17th Telecommunications Forum TELFOR 2009*, Belgrade, Serbia, November 24–26.
- Popović, M. L., Šunjevarić, M. M., Vujasinović, Ž. J., 2011, "Effects of DVB-H and 3G cellular networks integration", *10th IEEE International Conference – TELSIKS 2011*, Niš, Serbia, October 5–8.
- Reljin, I., Sugaris, A., 2009, "DVB standards development", in *Proc. Conf. TELSIKS 2009*, Vol. 1, pp. 263–272, Nish, Oct. 7–9.
- Samčović, A. B., 2011, Tehnološke karakteristike digitalnog standarda DVB-H za difuzni video-prenos kod prenosivih uređaja, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 59, No.3, str. 146–160.
- Sergento, S., Gozdecki, J., Wagner, D., 2010, "Mobility with QoS in Broadcast Unidirectional Technologies: Experimental Validation", *Proc. of IEEE Int. Conf. on Communications (ICC)*, May, pp 1–6.

- Shanker, U., Aghvami, A.H., Gottscheber, A., 2009, "Service delivery framework for DVB-H and EPS", *Proc. of Int. Conf. on Telecomm.*, pp.184–189.
- Stefanovic, R., 2008, Osnovne karakteristike mobilnih sistema treće generacije i trendovi daljeg razvoja, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 56, No.1, str. 39–49.
- Sugaris, A., Reljin, I., 2011, "Digital broadcasting techno-economic efficiency simulation model", *Electronics and Electrical Engineering (Elektronika ir Elektrotehnika)*, No. 3(109), pp. 109–114.
- Tamea, G., Inzerilli, T., Rea, P., Cusani, R., 2009, "Vertical handover among broadcast networks", *Proc. of 6th Int. Symp. on WCS*, pp. 418–422.
- Unger, P., Kurner, T., 2009, "Modelling and Performance Analyses of Hybrid Cellular and Broadcasting Networks", *Inter.Journal of Digital Multimedia Broadcast.*, vol. Hindawi Publishing Corporation. URL: <http://www.hindawi.com/journals/ijdmdb/2009/329073/ref/>
- Vulic, N., De Groot, S.M.H., Niemegeers, I.G.M.M., 2007, "DVB-H - UMTS Integration at Radio Access Level", *Proc. of IEEE 65th Veh. Tech. Conf.*, Spring, pp. 1250–1254.
- Wang, Z., Darwood, P., and Anderson, N., 2010, "End-to-End System Performance of IMB", *Proc of IEEE Int. Symp. on Broadband Multimedia System and Broadcasting (BMSB)*, 24–26 March, pp. 1–6.
- Zhang, W., Gui, L., Liu, Bo, Xiong, J., Lin, D., 2009, "Services and Trial Test of CMMB System", *Proc. of IEEE Int. Symp. on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB '09)*, 13–15 May, pp. 1–4.
- Yang, X., Vare, J., Owens, T.J., 2006, "A survey of handover algorithms in DVB-H", *IEEE Comm. Surv.*, vol. 8, no. 4, pp. 16–29, Fourth Quarter
- Yang, X. and Owens, T. J., 2008, "Intersystem Soft Handover for Converged DVB-H and UMTS Networks", *IEEE Trans. on Veh. Tech.*, vol. 57, no.3, pp. 1887–1898.
- Abi Research, 2012, *Mobile TV Services Set for Accelerated Adoption After*. URL: <http://www.digitaltvnews.net/content/?p=14988>
- Cisco VNI Forecast, 2012, February 14, *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2011–2016*. URL: http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.html
- Digital Video Broadcasting (DVB), 2004, *Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*, ETSI EN 300 744 v1.5.1.
- Digital Video Broadcasting (DVB), 2004, *Transmission System for Hand-held Terminals (DVB-H)*, ETSI EN 302 304 v1.1.1, October.
- Digital Video broadcasting (DVB), 2009, *DVB-H implementation guidelines*, ETSI TR 102 377 v1.3.1., March.
- Forward Link Only Air Interface, 2009, *Specification for Terrestrial Mobile; Multimedia Multicast*, , ETSI TS 102 589 V1.1.1, February.
- Informa Telecoms & Media. *Mobile TV to Hit \$10 Billion by 2013*. URL: <http://www.rcwireless.com/article/20081210/wireless/mobile-tv-to-generate-10b-in-revenues-by-13/>

Insight Research Corp. *Streaming Movies, TV, and Music Industry Will Generate \$78 Billion Over Six Years*. URL: http://news.pnnewswire.com/DisplayReleaseContent.aspx?ACCT=ind_focus.story&STORY=/www/story/06-15-2009/0005044130&EDATE=

Juniper research. *Mobile Broadcast TV to Reach Almost 120MM Users by 2011*. URL: <http://www.marketingcharts.com/television/mobile-broadcast-tv-to-reach-almost-120mm-users-by-2012-1827/juniper-mobile-tv-streaming-broadcast-revenue-forecastsjpg/>

Juniper Report. *Dedicated Mobile TV Networks Face Uncertain Future*. URL: <http://www.digitaltvnews.net/content/?p=15676>

Market Research, RNCOS, 2011, August 1, *Global Mobile TV Forecast to 2013*. URL: <http://www.marketresearch.com/RNCOS-v3175/Global-Mobile-TV-Forecast-6478992/>

Ministarstvo za telekomunikacije i informaciono društvo, 2008, *Strategija prelaska sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u Republici Srbiji*. URL: http://www.srbija.gov.rs/vesti/dokumenti_sekcija.php?id=45678B. Furht, S. Ahson, *Handbook of Mobile Broadcasting: DVB-H, DMB, ISDB-T, AND MEDIAFLO*, CRC Press,

Official Journal of the European Union, 2008, March 17, *Commission decision (2008/286/EC); Commission decision of 17 March 2008 amending Decision 2007/176/EC as regards the List of standards and/or specifications for electronic communications networks, services and associated facilities and services*. URL: <http://eur-lex.europa.eu/>

Project. *Official Mobile TV website maintained by the DVB Project Office*. URL: <http://www.dvb-h.org>

Tele Analytics Mobile TV Tracking Service (Issue 5). *From 26.3 Million Mobile TV Users in 2007 to 51.6 Million at the End of 2008*. URL: <http://www.digital-tvnews.net/content/?p=3792>

INTEGRATION OF THE DIGITAL BROADCAST MOBILE TELEVISION NETWORK AND THE 3G NETWORK

FIELD: Telecommunications
ARTICLE TYPE: Review Paper

Summary:

The paper presents the results of the research into the opportunities for the integration of mobile broadcast TV networks and cellular 3G networks. We analyzed trends in mobile television services as well as previous studies that aim at finding optimal ways to integrate different types of networks. This paper analyzes the existing mobile television technology, with a special emphasis on the DVB-H technology. We analyzed the conditions, reasons and opportunities for the integration of DVB-H and 3G UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), and the conclusi-

ons of these analyzes are supported with the results in practice. Based on these studies, a conclusion on the feasibility of the realization of DVB-H/UMTS hybrid networks is brought.

Introduction

The aim of the research presented in this paper was to analyze the existing mobile television standards and technologies as well as to explore possibilities for the integration of digital broadcast networks for mobile TV and mobile 3G cellular networks. Also, the effects of such integration are estimated through the analysis and simulation of a practical mobile TV network based on the use of DVB-H and UMTS networks. It is analyzed how to minimize the costs of establishing a mobile television network with the implementation of a hybrid network consisting of DVB-H broadcast networks and third generation cellular networks.

Related works

In recent years, numerous studies have been conducted aiming to find optimal ways of integrating different types of radio networks, including broadcast mobile TV networks and 3G cellular networks. These surveys are related to: possibility of the integration of DVB-H and 3G cellular networks, the network architecture that enables multimedia and interactive services in heterogeneous networks, seamless handover strategies between networks, improving the mobile IPv6 protocol to support interactive multimedia services with the required quality in the hybrid broadcasting and mobile IPv6 environment, the efficiency of the distribution of data packets in the DVB-H network and the impact of the parameters and the required capacity on the characteristics of the DVB-H network in an urban metropolitan area.

Analysis of mobile TV technologies

Different technologies have been developed to allow TV reception on mobile devices that try to solve specific problems in various ways. Mobile TV can be distributed to end-users by the means of wireless networks, mobile cellular networks or broadcast networks. We analyzed here: Wireless Local Area Networks – WLAN or Wireless Fidelity – WiFi, two WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) standards (802.16d – fixed WiMAX and WiMAX 802.16e – mobile WiMAX), GPRS and EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), 3G cellular networks, MBMS technology (Multimedia Broadcast Multicast Services), Broadcast and Multicast Service (BCMCS) and a hybrid satellite and terrestrial system called Digital Video Broadcasting – Satellite services to Handhelds (DVB-SH).

DVB-H standard

A DVB-H system can be defined as a transmission system based on several DVB standards which aims at an efficient distribution of multimedia content to mobile devices via terrestrial broadcasting. The DVB-H standard is recommended by the European Commission for the implementation of mobile TV networks (Samčović, 2011), and commercial mobile TV networks based on the DVB-H standard are already in operation in many countries.

Possibilities of integration of mobile TV networks and 3G cellular networks

From the first days of development of mobile broadcast TV networks, it was shown that there is a necessity of interaction within a network. Series of surveys conducted recently indicate that hybrid networks are justified and that their use had resulted in improving the efficiency of transmission and end user satisfaction (Kornfeld, May, 2007), (DVB, 2009). In a converged DVB-H and UMTS, handover between these two networks enables the optimal allocation of radio resources, which results in more efficient operation of the hybrid network and provides the required quality of service.

Analysis of the feasibility of the realization of the hybrid DVB-H/UMTS network

To analyze the effects of the integration of broadcast DVB-H networks and 3G mobile networks in a hybrid network for mobile TV, the research shown in (Popović, et al, 2009, 2011) has been conducted. The aim of the research was to determine the benefits of having a hybrid network with respect to each of these networks individually. It was analyzed how to minimize the costs of establishing a mobile TV network by hybrid network implementation on a practical example. The characteristics of this hybrid network were compared with the DVB-H and UMTS networks individually and the gain of the hybrid network compared to the DVB-H network was estimated. The analysis and simulations were performed for the northwest region of Bosnia and Herzegovina – the Banja Luka region. The paper discusses the trends in the implementation costs of the mobile TV network in a few scenarios, and a detailed analysis can be found in (Popović, et al, 2011). Two types of hybrid networks are analyzed: the hybrid DVB-H/UMTS network (type 1) which corresponds to the scenario obtained by assuming that the UMTS network is at the moment available in all cities in the region for which the analysis was done, and the DVB-H/UMTS hybrid network (type 2) which corresponds to the scenario obtained by assuming that in the foreseeable future UMTS networks will become available throughout the region, and will not be limited to urban areas only. In both cases, the hybrid network type 1 and the hybrid network type 2, it is shown how the hybrid network affects the reduction of implementation costs compared to the mobile TV network that would be realized only through the DVB-H network.

Conclusion

The analyses conducted in this paper show the advantages of a combination of the DVB-H network and the 3G UMTS cellular network in the hybrid DVB-H/UMTS network for mobile TV.

Key words: DVB-H, Mobile TV, hybrid network, convergent network.

Datum prijema članka/Paper received on: 01. 03. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 04. 06. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 07. 06. 2012.

HEURISTIČKI MODEL EDUKACIJE I PROTOTIP SISTEMA ZA DALJINSKO AKTIVIRANJE SIRENA U VANREDNIM SITUACIJAMA

Paun J. Bereš, Ministarstvo odbrane Republike Srbije,
Uprava za obaveze odbrane, CMO Zrenjanin,
Kristian P. Bereš, Univerzitet „Politehnika“, Odsek
Računari i informatičke tehnologije, Temišvar, Rumunija

DOI: 10.5937/vojtehg61-2400

OBLAST: telekomunikacije, računarske nauke
VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

U ovom radu se predlaže edukacija heurističkim modelom kao metodička inovacija sa posebnim osvrtom na edukaciju članova tima za rad u vanrednim situacijama, gde svaki član tima mora biti svestan značaja svoga rada, mora poznavati i primenjivati određenu metodologiju u pronalaženju najboljih rešenja i osećati zadovoljstvo postignutim rezultatima kao individua i kao deo tog tima.

Heuristički pristup problemima nastave u vanrednim situacijama treba da omogući članu tima da stvaralačkim procesom dolazi do sticanja znanja, da uči da misli i razvija sposobnosti za obrazovanje.

To je dakle, takav pristup koji se ne zasniva na pasivnom posmatranju pojava i oponašanja koje izvodi nastavnik, već uspostavlja aktivan misaoni odnos prema pojavama i uvodi člana tima u samostalno istraživanje heuristički koncipiranog problema (tj. problem sa lepezom rešenja – u ovom slučaju, „Heuristički model edukacije na primeru prototipa sistema za daljinsko aktiviranje sirena u vanrednim situacijama“).

Ključne reči: heuristika, pristup, prototip, rešenja.

Uvod

Savremenom svetu budućnosti (postindustrijskom, tehnološkom, informatičkom, globalnom) potrebni su ljudi, obučeni, spremni i sposobni da koriste nova kompleksna oruđa, brzo i efikasno usvajaju, izgrađuju i primenjuju raznovrsna znanja, aktivno i odgovorno učestvuju u složenim društvenim i ekonomskim odnosima i procesima u svakodnevnom životu, a pogotovo u *vanrednim situacijama*.

Polazeći od zajedničkih okvira obrazovanja i edukacije predviđenih projektima Evropske unije za 21. vek, a koji sadrže u osnovi: obrazovanje za život, obrazovanje za učenje u demokratskom društvu, obrazovanje za razvijanje kreativnosti, kritičkog mišljenja i otkrivanje talenata, obrazovanje za samostalnost i slobodu u radu, kao i za samoobrazovanje, i edukaciju za civilno društvo i široko opšteobrazovanje, u cilju što uspešnijeg projektovanja tehničko-tehnološkog i informatičkog obrazovanja kroz nastavu politehničkog karaktera (Tehničko-tehnološko i informatičko obrazovanje u osnovnom, srednjem i visokom obrazovanju, slobodne tehničke aktivnosti učenika, izborni programi, kao i vanškolske aktivnosti kroz radio-amaterske klubove, dobrovoljnih vatrogasnih društava, ronilačkih klubova i drugih organizacija koja se bave edukacijom u zaštiti i spasavanju ljudi i materijalnih dobara) (Arsić, 1995) i stvaranje kontinuiteta u praćenju, obučavanju i osposobljavanju budućih kadrova neophodnih reformisanoj Civilnoj odbrani i Civilnoj zaštiti u okviru Sektora za vanredne situacije, kao deo sistema odbrane Republike Srbije, školovanim u civilnim institucijama društva u skladu sa novim trendovima u Evropi (edukacija za demokratsku i civilnu kontrolu vojske, kao i obučavanje kadra postojećeg sistema i budućeg sistema 112 (slika 1). koji treba da integriše sistem civilne odbrane od lokalnog do nacionalnog nivoa sa sistemom 112 EU), pristupili smo ovom istraživanju koje je upravo na toj liniji.

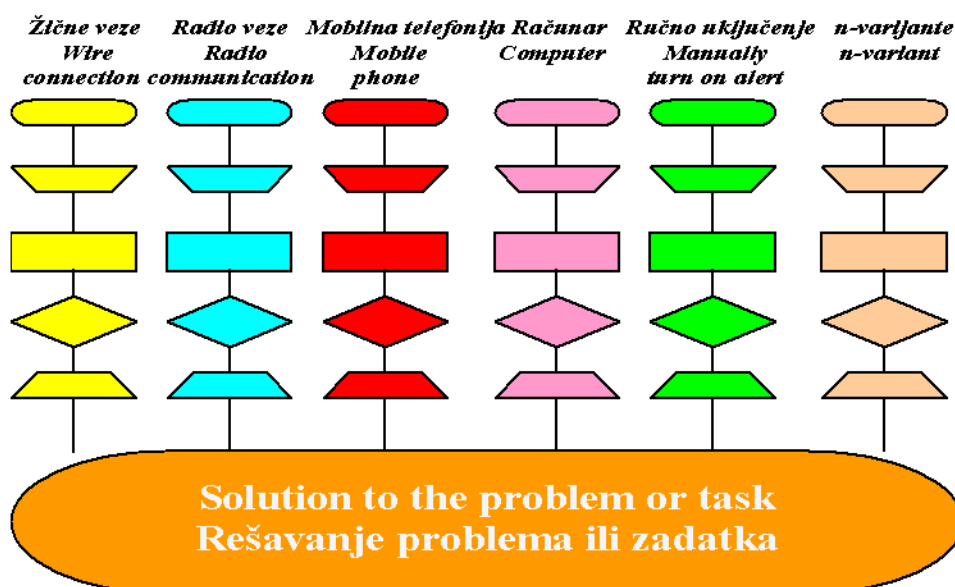
Ovakvim pristupom obezbeđuje se nov kvalitet i kontinuitet u praćenju, obučavanju, osposobljavanju i edukaciji budućih kadrova neophodnih reformisanom sistemu Civilne odbrane, kao i njihova priprema za dalje školovanje u specijalizovanim vojnim institucijama ukoliko to žele.

U svetu, koji se brzo menja i u kome se znanja svakodnevno usložnjavaju i proširuju, a izvori informacija neslućeno umnožavaju, podatak, informacija i činjenica mogu postati bespredmetni i prevaziđeni i pre nego što su upotrebljeni. Heurističkim pristupom problemima projektovanja budućih sistema u funkciji Vanrednih situacija, teži se prevazilaženju pomenutih problema (Bereš, 2005).

Kadrovi budućeg sistema 112 prikupljaju informacije u skladu sa pravilnikom o razmeni informacija po listi pitanja. Na teritoriji lokalne samouprave (region, opština) mogu se pojaviti sve vrste opasnosti (rat, opasnosti od elementarnih nepogoda kao što su: poplave, požari većih razmera, zemljotresi, klizanje tla, epidemije, pandemije i sl.) i tehničke nesreće, tj. *vanredne situacije*, koje treba pravovremeno otkriti radi preduzimanja mera zaštite i sklanjanja stanovništva i materijalnih dobara.

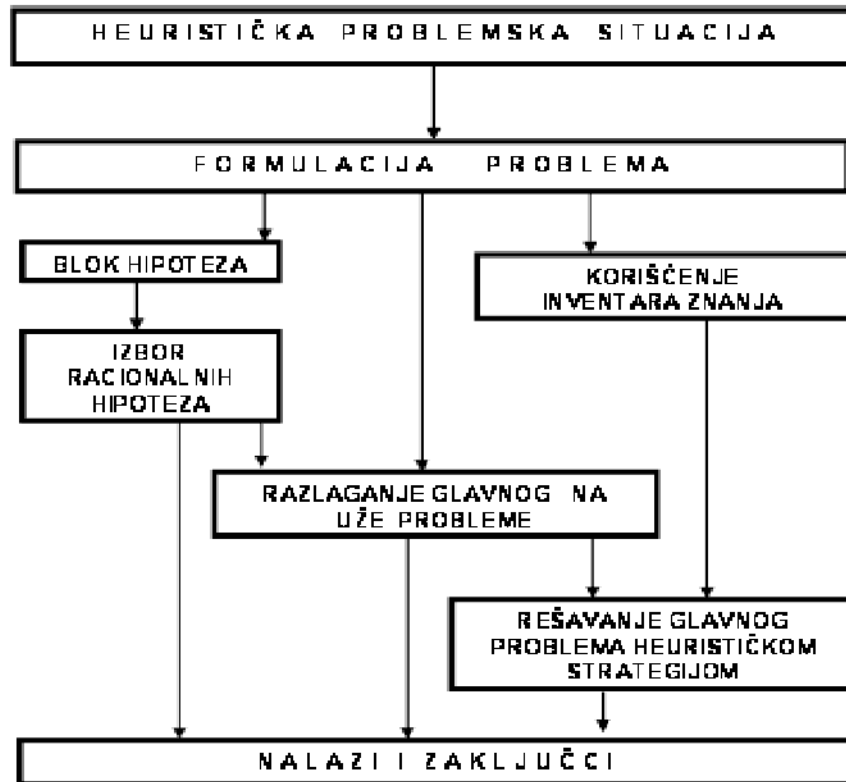
Pravovremena, tačna i precizna informacija u ovakvim situacijama život znači. Zbog toga se kadrovima koji rade na ovim poslovima posvećuje posebna pažnja, kada je u pitanju njihova obučenost, spretnost u rukovanju najmodernijom i raznovrsnom opremom, snalažljivost u vanrednim situacijama i pravovremenom prenosu informacija do subjekata zaduženih za brze intervencije u napred pomenutim situacijama (Bereš, 2005).

Pod „heurističkim modelovanjem“ (Kvašček, 1978) podrazumeva se stvaranje takvog modela koji ima heurističko značenje i reprezentuje više originala u jednom te istom modelu, tj. taj model omogućuje pronalaženje novih znanja i razvija „stvaralaštvo“ (Meyer, 1968) zahtevajući od učenika/člana tima ovu ili onu samostalnost uz uvažavanje nivoa predznanja svakog učenika/člana tima ponaosob (primer: mobilna telefonija u funkciji edukacije u vanrednim situacijama). Heuristički model (Milojević, 2012, pp. 235–244) veoma malo determiniše radnje u toku rešavanja problema tako da ostavlja članu tima (kadrovima za potrebe vanrednih situacija) mogućnost pronalaženja jednog ili svih mogućih rešenja zavisno od predznanja, stepena samostalnosti i njegovih stvaralačkih sposobnosti (slika 2) (Meyer, 1968)].



Slika 2 – Heuristički algoritam rešavanja problema ili zadatka
Figure 2 – Heuristic algorithm for problem/task solving

Ovakav pristup rešavanju problema omogućuje svakom članu tima (kadrovima za potrebe vanrednih situacija) da postigne svoj maksimum, kako slabijim, prosečnim, tako i natprosečnim, tj. talentovanim članovima tima. Postavljanje problema heurističkom strategijom znači da je član tima stavljen u položaj da otkrije, primenom starog iskustva u novim situacijama, da poznata znanja dovodi u novu situaciju (funkciju), otkriva nove puteve kreativnog rešavanja problema (slika 3) (Kvašček, 1978), (Landa, 1975).



Slika 3 – Heuristička problemska situacija
Figure 3 – Heuristic problem situation

Prototip za daljinsko upravljanje sirenama

Daljinsko pokretanje sirene se vrši preko računara ili pomoću mobilnog telefona preko unapred kreirane SMS poruke ta poruka sadrži:

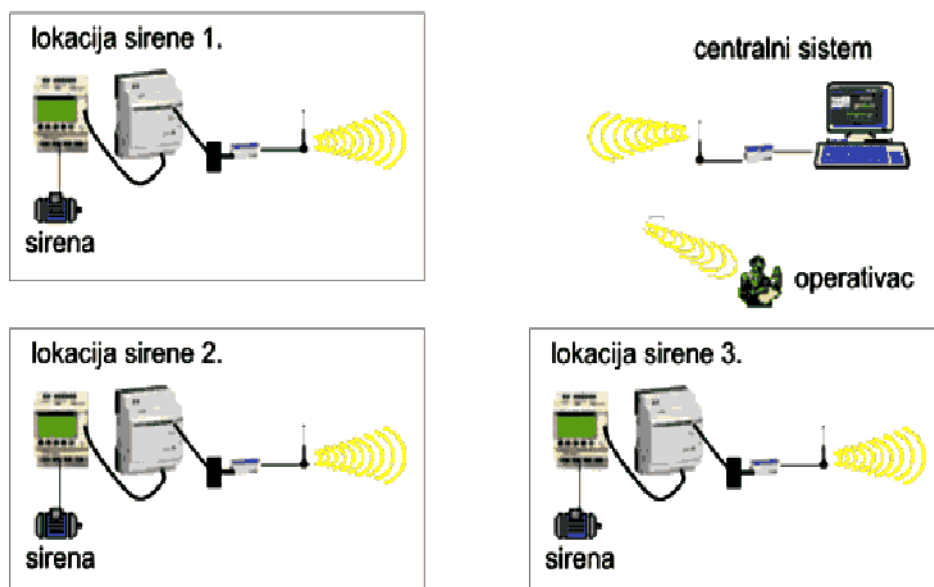
- mesto uključenja (npr. DVD Nova Crnja)
- tip opasnosti (npr. požarna opasnost)
- zaštitni kod operativca
- poslata SMS poruka preko mobilnog sistema stiže do GSM prijemnika odgovarajuće sirene, ova poruka se dekodira u modemu a nakon toga PLC uređaj pokreće energetska upravljanje asinhronog motora sirene.
- operativac koji je poslao SMS poruku dobiće povratnu informaciju da je sirna krenula.
- spomenute informacije preko mobilnog telefona primaju i osobe koje su ovlašćene na primer dežurno osoblje van vatrogasnog doma, vozači vatrogasnih tenkova ili drugi operativci.

- ako je sistem kontrolisan i računarom onda svi događaji se snimaju i arhiviraju

- sistematsko pokretanje sirene (npr. proba sirene svake prve srede) može se fiksno programirati unapred za 10 godina.

Ovaj sistem može da se primeni kod:

- sirene sa pneumatskim upravljačkim uređajima
- sirene sa asinhronim motorima
- svaki izgrađeni sistem radi samostalno, a isto tako može da se poveže u jedan zajednički integralni sistem (slika 4).



Slika 4 – Princip rada sistema za daljinsko upravljanje sirenama
Figure 4 – Principle of the operation of the siren remote control system

Model nastavne teme – jedinice heurističke edukacije

Kao primer modela prikazaćemo realizaciju određenog broja nastavnih jedinica u okviru izabrane nastavne teme, koje doprinose razvoju logičko-dijalektičkog mišljenja kod ispitanika, dok se nastavi tehničko-tehnološkog i informatičkog obrazovanja obezbeđuje naučno-dijalektički karakter i politehnička usmerenost što kao pedagoško-didaktička kategorija proizilazi iz cilja nastave izabrane teme (Arsić, 1995), (Bereš, 2005).

Nastavna tema: „Elektronika i radiotehnika“ u funkciji vanrednih situacija

*Nastavna jedinica: „Digitalne telekomunikacije“
– mobilna telefonija*

Tip časa: laboratorijska vežba

Obrazovni nivo: primena znanja

Nastavne metode: eksperimentalno-laboratorijske

Oblik rada: grupni, rad u parovima i individualni.

Vrsta nastave: heuristički pristup laboratorijskoj vežbi

Nastavna sredstva: PC računar, bim-projektor, mobilni telefon.

Obrazovni zadaci: naučiti mogućnosti mobilnih telefona i njihov spektar programskih operativnih funkcija (telefonski imenik- „Phone book“, poruke – „Messages“, lista poziva – „Call Register“, Podešavanje telefona – „Setting“, preusmeravanje poziva – „Call divert“, igrice – „Games“, alati – „Office tools“, profili – „profiles“, internet – „Internet“, sastanci – „Appointments“ i dr.). upoznavanje onih operativnih funkcije koje imaju praktičnu primenu u svakodnevnom životu i radu građana sa akcentom na mogućnost korišćenja u vanrednim situacijama za daljinsko aktiviranje sirena.

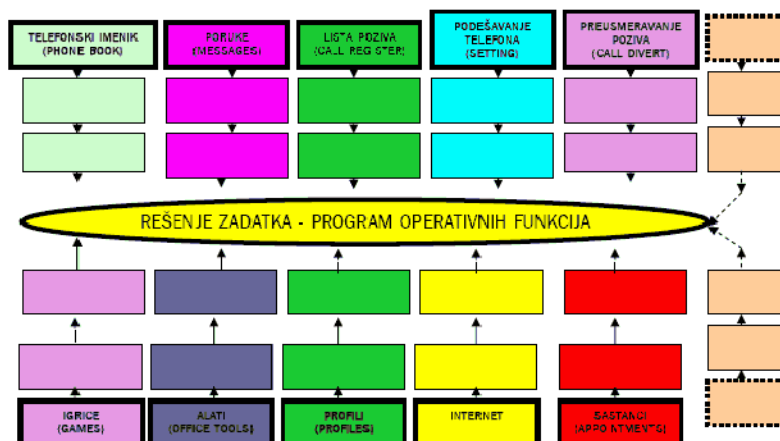
Vaspitni zadaci: podsticanje radnog raspoloženja učenika/člana tima, suprotstavljanje mišljenja i usvajanje novih znanja, podsticanje samostalnosti, sistematičnosti, logičkog zaključivanja i iznalaženje novih rešenja primenljivih u praksi.

Stvaranje heurističke problemske situacije

Nastavnik podseća učenike/članove tima buduće poslužioce sirena na oblast binarnih brojeva, pojam „analogni – digitalni“, A/D i D/A pretvarače, modulaciju i demodulaciju digitalnih poruka i na nastavne jedinice „Mobilna telefonija“ i „Osnovne funkcije mobilnih telefona“ što su poslužioći imali da ponove kao domaći zadatak kako bi mogli uspešno da prate vežbu. Nastavnik zadaje pitanja u vidu „heurističkog algoritma“ Landa, (1975) na bim projektoru, tj. nastavni listić br. 2. sa sledećim sadržajem (Bereš, 2005):

Danas ćeš učiti tako što ćeš pokušati samostalno da rešiš zadatak problemsku situaciju prikazanu heurističkim algoritmom (slika 5). tj. na osnovu činjenica i podataka koje si sakupio, i razmišljanja u pravcu rešenja problema pokušaš da postaviš „hipoteze“ (Meyer, 1968), (Mužić, 1979) (pretpostavke rešenja problema). Današnji heuristički koncipiran problem ima lepezu rešenja, što se može uočiti i na zadatom heuristič-

kom algoritmu. Tvoj zadatak je da hipoteze usmeriš u pravcu pronalazanja što većeg broja rešenja, time si potvrdio glavnu hipotezu „ranije stečena znanja i njihovo pravilno korišćenje u praksi omogućava znalačku praktičnu upotrebu svih osnovnih funkcija mobilnog telefona tj. njegovo korišćenje u svakodnevnom životu i radu“.



Slika 5 – Heuristički algoritam operativnih funkcija mobilnog telefona
Figure 5 – Heuristic algorithm of the mobile phone operating functions

- Eksperimente izvide poslužioi sirena.
- Aktivnost nastavnika usmerena je na podstrekivanje poslužilaca sirena na iznalaženje novih originalnih rešenja i njihovu praktičnu proveru na mobilnom telefonu (svaki poslužilac ima svoj mobilni telefon).

Motivacija:

- razmišljaš u dobrom pravcu, nastavi sa novim rešenjima
- probaj da postaviš hipotezu.

Poslužioi sirena/članovi tima postavljaju hipoteze:

Na osnovu glavne hipoteze „ranije stečena znanja i njihovo pravilno korišćenje u praksi omogućava znalačku praktičnu upotrebu svih osnovnih funkcija mobilnog telefona, tj. njegovo korišćenje u svakodnevnom životu i radu“ postavljaju se podhipoteze u skladu sa predznanjem i motivacijom svakog poslužioa sirena da istražuje nova rešenja do tada njemu nepoznata, kao i sa mogućnostima mobilnih telefona koji poseduju. „Ako se na ulazu – (funkcijski soft tastaturi mobilnog telefona) zadaje određeni signal u obliku „upravljačkog programa“ (Nadrljanski, 1986), na izlazu-displeju dolazi do aktiviranja i registrovanja izabrane opcije i njene praktične realizacije. Nastavnik navodi poslužioce sirena na proveru hipoteze: Poslužioi sirena pojedinačno proveravaju svoj upravljački program, potvrđuju njegovu validnost, samim tim i hipotezu. Na slajdu ispisani su brojevi mobilnih telefona svih poslužioa sirena kako bi međusobno mogli komunicirati.

Nastavnik prati rad svakog poslužioca i navodi ga da dođe bar do jednog od svih mogućih rešenja heuristički koncipiranog problema.

Posle provere hipoteza poslužiocci sirena donose *opšti zaključak*:

Pravilna izrada upravljačkog programa koji se dovodi na ulazu – funkcijski-soft tastaturi mobilnog telefona izaziva sigurno upravljanje izlazom i njegovo registrovanje na displeju, kao i praktičnu realizaciju izabrane opcije.

Prema tome; *korišćenje mobilnog telefona ima čitavu lepezu opcija i široku primenu u svakodnevnom životu i radu, a pogotovo, u vanrednim situacijama.*

Povećanje obrazovnih ishoda heurističkim modelom

Ekperimentalni problem (Sotirović, Adamović, 2002) realizovan je na izabranim nastavnim sadržajima iz oblasti Vanrednih situacija, pogodnih za obradu heurističkim pristupom koji je uslovio adekvatne nastavne metode, oblike i sredstva rada u cilju trajnog sticanja znanja. Realizacija rada u eksperimentalnoj grupi E1 odvijala se kroz intenzivniji misaoni rad vojnika na civilnom služenju, poštovanje određenih faza rada i povećane saznanje efekte (Mužić, 1982).

Istraživanje je sprovedeno u Odeljenju za vanredne situacije srednje Banatskog okruga Zrenjanin. Eksperimentom je obuhvaćena jedna grupa poslužilaca sirena i čini eksperimentalnu grupu, „Eksperiment sa jednom eksperimentalnom grupom“ (Mužić, 1982), gde želimo da ustanovimo koliki je napredak poslužilaca sirena prilikom edukacije u rukovanju i korišćenju IT u oblasti vanrednih situacija, primenom heurističkog modela spomenute teme. U eksperimentalnoj grupi, izabrani programski sadržaji su realizovani primenom heurističkog modela kao putokaz (uputstvo) u toj realizaciji.

Zavisnu varijablu eksperimentalnog istraživanja definisali smo kao: „povećani efekti nastave pri edukaciji poslužilaca sirena za uzbunjivanje stanovništva u vanrednim situacijama, putem korišćenja heurističkog modela“.

Uticaj korišćenja heurističkog modela na efekte nastave iz oblasti vanrednih situacija ogleda se u rezultatima ispitivanja znanja poslužilaca sirena.

Proučavanjem heuristike u nastavi, analizom i selekcijom izvršen je izbor najpogodnijih sadržaja, čija primena obezbeđuje optimalne efekte nastave iz oblasti vanrednih situacija, u uslovima kombinovanja frontalnog i individualnog rada (Voskresenski, 1996, 2004) (Devetak, 2011, pp. 161–176).

Rezultati delovanja eksperimentalnog faktora dobijeni su na osnovu sprovedenog testiranja poslužilaca sirena, na kraju svake nastavne jedinice ili nastavne teme. Da bi ustanovili čist učinak eksperimentalnog faktora od rezultata finalnog stanja tj. kvantiteta usvojenih znanja oduzeli

smo inicijalno stanje (ono što su poslužioc i sirena već znali) tj. rezultate inicijalnog stanja koje smo odredili na početku navedene programske oblasti testiranjem poslužilaca sirena. Eksperimentom obuhvaćeno je 20 poslužilaca sirena, aritmetička sredina finalnog stanja $X_f=4,19$, aritmetička sredina inicijalnog stanja $X_i=2,05$, prema tome, prosečna efikasnost eksperimentalnog faktora $XF= X_f - X_i = 4,19 - 2,05 = 2,14$ ili procentualno $XF\% = 51\%$. Naravno, ovde nismo manipulirali sa rezultatima pojedinih poslužilaca sirena već smo uzeli u obzir aritmetičke sredine. Na osnovu ovoga možemo konstatovati da je čist učinak heurističkog modela oko 51%, što znači da se nivo znanja polaznika – poslužilaca sirena povećao na završetku realizacije nastavne jedinice tj. blok časa za 51% u odnosu na znanja koja su poslužioc i sirena imali na početku (Mužić, 1979).

Ovi rezultati, mogu služiti i za projektovanje predloga kurikuluma za osposobljavanje kadrova civilne odbrane i Sektora za vanredne situacije (civilne zaštite), lokalnih samouprava, privrednih društava, javnih preduzeća, udruženja, sredstava javnog informisanja, NVO i drugih subjekata na teritoriji Republike Srbije), u cilju stvaranja kontinuiteta u praćenju, obučavanju i osposobljavanju budućih kadrova neophodnih reformisanoj Civilnoj odbrani u vanrednim situacijama i vanrednom stanju i edukacije mladih u duhu racionalnog korišćenja postojećih resursa, kroz timski rad na zajedničkom projektu koji objedinjuje različite ideje članova tima – uključenost svih subjekata sa lokalnog nivoa u funkciju upravljanja vanrednim situacijama (poplave, olujni vetrovi, suše, požari, tehničko-tehnološke katastrofe, i sl.), i stavljanje ovakvih modela u funkciji vanrednih situacija kroz demonstraciju primene na konkretnim primerima i donošenju pravovremenih racionalnih odluka u preventivnom delovanju i otklanjanju posledica eventualnih katastrofa, koje mogu da nas zadese.

Ciljne grupe i ciljevi projekta heurističke edukacije

Ciljne grupe modela heurističke edukacije mogu biti javne službe za intervenciju u slučaju poplava, na nivou okruga kod nas i županije u susednoj Rumuniji su:

– Stanovništvo koje živi u rizičnim zonama poplava u Srednje-Banatskom okrugu – Srbija, kao i u susedskim županijama Tamiš i Karaš–Severin–Rumunija.

Ciljevi heurističkog modela edukacije su stvaranje zakonske regulative u Srbiji radi ostvarivanja pretpostavljenih rezultata:

– zajedničke procedure intervencije i saradnje u slučaju poplava, na bazi dogovora između javnih službi u pograničnoj zoni;

- veći broj mogućnosti zaštite protiv poplava zahvaljujući prekograničnoj saradnji;
- bolja zaštita života i dobra stanovništva i privrednih subjekata u zoni;
- povećana bezbednost kvaliteta života stanovništva u regiji prekogranične saradnje (Srednje-Banatskog okruga i u partnerskim županijama);
- povećanje brzine toka informacija između autoriteta i institucija koje učestvuju u borbu protiv poplava;
- promovisanje ponude za saradnju na nivou okruga i županije / regije / pogranične zone i konkurentnih vrednosti zajedničkih akcija, u slučaju nemogućnosti lokalnih interventnih snaga na nivou okruga ili županije / regije / pogranične zone, od slučaja do slučaja;
- određeni broj dobrovoljaca-volontera koji su obučeni na odgovarajući način, tj. heurističkim modelom nastave i mogu biti edukatori stanovništva.

Literatura

- Amaldi, E., Capone, A., Malucelli, F., 2003, „*Optimization models with power control and algorithm*“, časopis.
- Arsić, M., 1995, „*Obrazovanje putem rešavanja problema*“, Beograd.
- Bereš, P., 2005, „*Heuristički modeli nastave politehničkog obrazovanja u osposobljavanju kadrova za potrebe civilne odbrane*“, TF „M. Pupin“, Zrenjanin.
- Devetak, M. S., 2011, „*Primena metoda analitičkih hierarhijskih procesa u izboru optimalnog taktičkog radio sistema*“, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 3, pp. 161–176, Beograd.
- Hotomski, P. 1995., „*Sistemi veštačke inteligencije*“, TF „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin.
- Kvašček, R., 1978, „*Modeli procesa učenja*“, Prosveta, Beograd.
- Landa, L. N., 1975, „*Teorijski problemi algoritimizacije i euristike u nastavi*“, Pedagogija, Beograd.
- Meyer, G., 1968, „*Kibernetika i nastavni proces*“, školska knjiga, Zagreb.
- Milojević, S. I., 2012, „*Deterministički i heuristički model potražnje rezervnih delova*“, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 60, No. 2, pp. 235–244, Beograd.
- Mužić, V., 1979, „*Kibernetika u suvremenoj pedagogiji*“, Zagreb, školska knjiga.
- Mužić, V., 1982, „*Metodologija pedagoškog istraživanja*“, Svjetlost, Sarajevo.
- Nadrljanski, Đ., 1986, „*Kompjuteri, nastava i učenje*“, NIRO Misao, Novi Sad.
- Sotirović, V., Adamović, M., 2002, „*Metodologija naučnoistraživačkog rada*“, TF „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin.
- Voskresenski, K., 1996, „*Didaktika – Individualizacija i socijalizacija u nastavi*“, TF „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, Sloboda, Vršac.
- Voskresenski, K., 2004, „*DIDAKTIKA*“ za profesore informatike i tehnike, TF „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin.

HEURISTIC MODEL OF EDUCATION AND A PROTOTYPE OF A SYSTEM FOR REMOTE SIREN ACTIVATION IN EMERGENCY

FIELD: Telecommunications, Computer Sciences

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Abstract

This paper proposes a heuristic model of methodical innovation with a special emphasis on training team members to work in emergency situations where each team member must be aware of the importance of their work and know how to apply a methodology for finding the best solutions and feel satisfaction with the results as an individual and as a part of the team.

The heuristic approach to the problems of teaching in emergency situations should allow team members to come up with a creative process of acquiring knowledge, to learn to think and develop skills for education. This is, therefore, such an approach that is not based on passive observation of phenomena and impersonation performed by a teacher; on the other hand, it establishes an active relation towards phenomena of thought and introduces the team members into their own research of the heuristic concept problems with a range of solutions (in this case, "Heuristic model of education illustrated by an example of a prototype of a system for remote siren activation in emergency").

Keywords: *heuristics; approach, prototype, solutions*

Datum prijema članka/Paper received on: 15. 08. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 26. 08. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 28. 08. 2012.

DINAMIČKI ODZIV PLANETARNOG PRENOSNIKA NA SPREŽNU PARAMETARSKU POBUDU

Vojislav J. Batinić, Univerzitet odbrane u Beogradu,
Vojna akademija, Katedra vojnomašinskog inženjerstva

DOI: 10.5937/vojtehg61-2006

OBLAST: mašinstvo

VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

Unutrašnje dinamičke sile i pomeranja po predviđenim stepenima slobode u planetarnim prenosnicima posledica su, prvenstveno, promenljivih elastičnih deformacija zubaca u sprezi, vibracija delova prenosnika i odstupanja geometrije ozubljenja usled habanja zubaca i grešaka izrade.

U radu se razmatra uticaj vremenski promenljive sprežne krutosti na moguća pomeranja i sile u kontaktima zubaca. Funkcije promene krutosti su korišćene kao nelinearni koeficijenti krutosti u sistemu jednačina za ekvivalentni zupčani prenosnik pri utvrđivanju prirode pomeranja i unutrašnjih dinamičkih sila. Rezultati numeričke analize sistema jednačina kojima je opisano dinamičko ponašanje su vremenski – promenljive funkcije pomeranja tačaka sistema i dinamičkih sila u spregama zubaca centralni zupčanik/satelit i satelit/venčanik.

Ključne reči: planetarni prenosnici, dinamičke sile, sprežna krutost, pomeranje, vibracije.

Uvod

Dinamička opterećenja u sklopovima mašinskih sistema posledica su međusobne interakcije delova. Usled promene elastičnih deformacija nastaju inercijalne sile i sile sudara delova. Odstupanja oblika i dimenzija usled grešaka pri izradi i habanja, ove sile značajno pojačavaju. Klizanje i kotrljanje delova, takođe, doprinose uvećavanju ukupnog opterećenja mašinskih delova i pobuđuju vibracije sistema. Inercija masa koje osciluju je dodatna dinamička sila. Tako je sila uzrok, a istovremeno i posledica vibriranja.

Dinamička opterećenja u setovima planetarnih prenosnika uslovljena su, osim gore navedenih uzroka, još i krutostima sprega zupčanika, neravnomernom raspodelom opterećenja na satelite, elastičnim deformacijama nosača satelita, vezivanjem sunčanog zupčanika i dr.

Opisivanje dinamičkog ponašanja sistema uključuje predviđanje, između ostalog, pomeranja po stepenima slobode i sila u kontaktima zubača. Nivo i karakter pomeranja i sila u zahvatima zubača u spojevima centralni sunčani zupčanik/satelit i satelit/venčanik razmatran je u radovima (August, Kasuba, 1986), (August, Evans, 1981), (Lin, Parker, 2002), (Kasuba, August, 1984), (Kahraman, 1994), (Ognjanović, 1985) na matematičkom modelu koji uključuje vremenske promene sprežnih krutosti modelirane kao pravougaoni oblici signala sa različitim stepenima sprežanja. Ovakve promene sprežnih krutosti su gruba aproksimacija stvarnih promena sprežne krutosti kojima se parametarski pobuđuje sistem.

Cilj rada je uspostavljanje takvog dinamičko-matematičkog modela planetarnog prenosnika koji može predvideti pomeranja tačaka sistema i dinamičke sile u kontaktima zubača zupčanika i pomoći projektantima u konstrukciji boljih prenosnika.

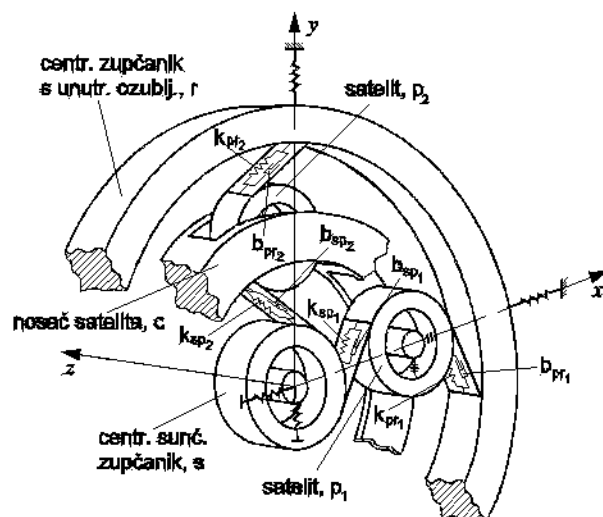
Promene sprežnih krutosti zavisne od promene broja pari zubača u kontaktu, od odstupanja oblika zubača i razradnog habanja ugrađene su u dinamički model planetarnog prenosnika prikazan u ovom radu.

Mehaničko-matematički model

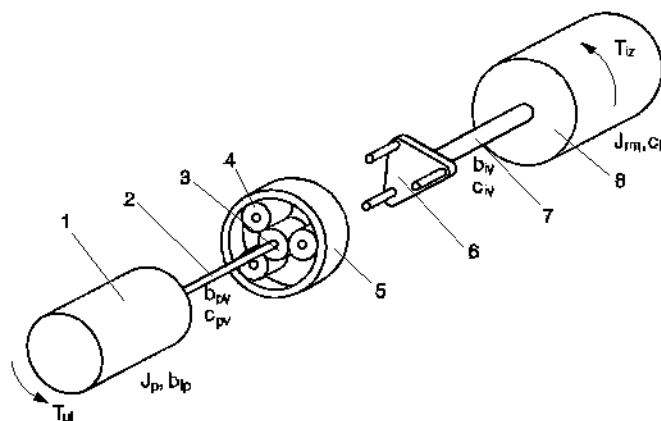
Za analizu dinamičkog ponašanja planetarnog prenosnika treba, prvo, definisati dinamički model prenosnika. Kod većine autora koji su se bavili ovim problemom dinamički model je dat kao na slici 1. Međutim, u ovom modelu se ne vidi veza prenosnika sa pogonskim i radnim delom koji imaju uticaj na dinamiku. Zato je za analizu dinamičkih opterećenja u planetarnom setu posmatran ukupan zupčani prenosni sistem (slika 2). Taj sistem obuhvata izvor snage (pogon), opterećenje od radne mašine, prenosnik, vratila i ostale izvore prigušenja.

Da se eliminiše uticaj brzine nosača satelita na dinamičke karakteristike spojeva kao i nepoznata prigušenja i krutosti nosača satelita kod postavljanja mehaničkog modela prenosnog sistema uzet je za razmatranje ekvivalentni zupčasti prenosnik (sl. 3). Ekvivalentni zupčani prenosnik je dobijen isključivanjem nosača satelita i dodavanjem brzina svim elementima realnog sistema (sl. 1), tako da na ekvivalentnom prenosniku sve komponente rotiraju oko njihovih vlastitih osa sopstvenim brzinama. Uticaj inercije nosača satelita na dinamička opterećenja izražen je pripisivanjem ekvivalentnog momenta inercije centralnom zupčaniku s unutrašnjim ozubljenjem (August, Kasuba, 1986) koji u ekvivalentnom sistemu postaje izlazni element, a određuje se izrazom

$$J_r = (J_c + 3J_{p_z}) + (m_c + 3m_{p_z})r_{br}^2. \quad (1)$$

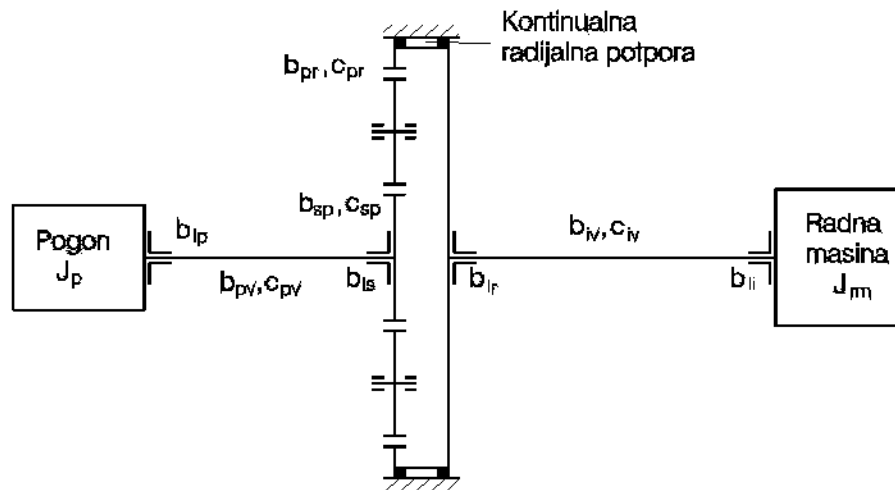


Slika 1 – Dinamički model planetarnog seta sa n-satelita
Figure 1 – Dinamic model of a planetary gear set with n-planets

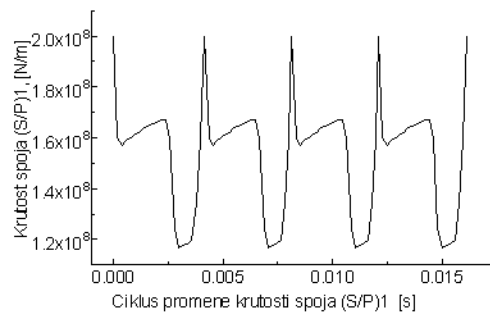


Slika 2 – Model planetarnog prenosnika: 1 – pogon, 2 – pogonsko vratilo, 3 – sunčani zupčanik, 4 – satelit, 5 – venčanik, 6 – nosač satelita, 7 – izlazno vratilo, 8 – radna mašina
Figure 2 – Planetary gear train model: 1 – driver, 2 – input shaft, 3 – sun gear, 4 – planet gear, 5 – ring gear, 6 – carrier, 7 – output shaft, 8 – working machine

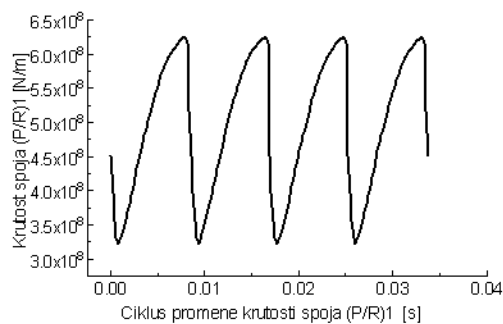
Jednačine kretanja sistema bazirane su na ekvivalentni prenosnik i uključuju opterećenje i promenljivu krutost u kontaktima zubaca zupčanika u sprezi tj. krutost sprege koja zavisi od položaja dodirne tačke profila zubaca. Krutosti sprege (sl. 4 i 5) direktno su povezane sa sedam jednačina kojima je opisan sistem. Nelinearne sprežne krutosti sprege c_{sp} i c_{pr} izračunate su na način opisan u radu (Batinić, 2001).



Slika 3 – Ekvivalentni zupčani prenosnik
Figure 3 – Equivalent gear train



Slika 4 – Sprežna krutost u spoju S/P
Figure 4 – Gear mesh stiffness, sun/planet mesh



Slika 5 – Sprežne krutost u spoju P/R
Figure 5 – Gear mesh stiffness, planet/ring mesh

Ekvivalentno prigušenje u spojevima S/P i P/R zano je sa sopstvenim bliskim masama i krutostima pomoću bezdimenzionalnog koeficijenta prigušenja ξ_G i određuje se izrazima (August, Kasuba, 1986):

$$b_{s_i} = 2x_G \sqrt{\frac{c_{s_i}}{\frac{1}{m_s} + \frac{1}{m_{p_s}}}} \quad \text{i} \quad b_{r_i} = 2x_G \sqrt{\frac{c_{r_i}}{\frac{1}{m_r} + \frac{1}{m_{p_r}}}}. \quad (2)$$

Koeficijenti prigušenja su:

$\xi_G = 0.1$ – prigušenje u kontaktima zubaca,

$\xi_s = 0.05$ – za sunčani zupčanik i

$\xi_s = 0.005$ – zaostala prateća prigušenja.

Ovi koeficijenti su saglasni sa eksperimentalnim promatranjem prigušenja u različitim zupčastim sistemima (August, Evans, 1981).

Na slici 6 prikazana je sprega jednog satelita sa sunčanim zupčanicom spoljnog ozubljenja i venačnog zupčanika sa unutrašnjim ozubljenjem. Pomeranje u kontaktima zubaca sunčanog zupčanika i satelita može se odrediti na osnovu njihovih smerova obrtanja i mogućih pomeranja. Projektovano na dodirnicu, to pomeranje u funkciji promenljivih koordinata, prema parametrima datim na slici 6, je

$$p_{spi} = [y_s \sin \theta_i + x_s \cos \theta_i + u_s - u_{pi}], \quad (3)$$

pri čemu su:

$u_s = r_{bs} \psi_s$ – ugaono pomeranje sunčanog zupčanika,

$u_{pi} = r_{bpi} \psi_{pi}$ – ugaono pomeranje i -tog satelita.

Diferencijalne jednačine kretanja delova sistema:

Pogon

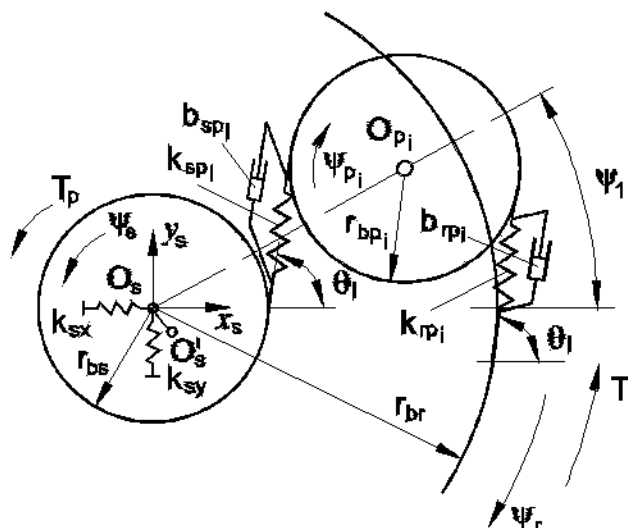
$$J_p \ddot{\psi}_p + b_{ip} \dot{\psi}_p + b_{pv} (\dot{\psi}_p - \dot{\psi}_s) + c_{pv} (\psi_p - \psi_s) = T_u. \quad (4)$$

Centralni sunčani zupčanik

$$J_s \ddot{\psi}_s + b_{is} \dot{\psi}_s + b_{pv} (\dot{\psi}_s - \dot{\psi}_p) + c_{pv} (\psi_s - \psi_p) + \sum_{i=1}^3 (r_{bs} \cdot F_{ds_i}) = 0, \quad (5)$$

$$m_s \ddot{x}_s + b_f \dot{x}_s + c_f x_s + \sum_{i=1}^3 \left[F_{ds_i} \cos \left(\pi - \alpha_s - \frac{(i-1)2\pi}{3} \right) \right] = 0, \quad (6)$$

$$m_s \ddot{y}_s + b_f \dot{y}_s + c_f y_s + \sum_{i=1}^3 \left[F_{ds_i} \sin \left(\pi - \alpha_s - \frac{(i-1)2\pi}{3} \right) \right] = 0. \quad (7)$$



Sika 6 – Model translacionih i rotacionih stepeni slobode planetarnih prenosnika
Figure 6 – Translational and rotational degrees of freedom model of planetary gears

Satelit i-ti

$$J_{p_z} \cdot \ddot{\psi}_{p_{zi}} + b_{p_{zi}} \cdot \dot{\psi}_{p_{zi}} + r_{bp_{zi}}' \cdot F_{ds_i} - r_{bp_{zi}}' \cdot F_{dr_i} = 0, \quad i = 1, n. \quad (8)$$

Centralni zupčanik sa unutrašnjim ozubljenjem – venčanik

$$J_r \cdot \ddot{\psi}_r + b_{ir} \cdot \dot{\psi}_r + b_{iv} (\dot{\psi}_r - \dot{\psi}_i) + c_{iv} (\psi_r - \psi_i) + \sum_{i=1}^3 (r_{br_i}' \cdot F_{dr_i}) = 0. \quad (9)$$

Radna mašina

$$J_{rm} \cdot \ddot{\psi}_i + b_{li} \cdot \dot{\psi}_i + b_{iv} (\dot{\psi}_i - \dot{\psi}_r) + c_{iv} (\psi_i - \psi_r) = -T_i, \quad (10)$$

pri čemu su:

J – moment inercije,	F_d – dinamička sila,
ψ – ugao pomeranja,	$\dot{\psi}$ – ugaone brzine,
T – moment uvijanja,	m – masa,
k – krutost zubaca u spoju,	r_b – polupr. baznog kruga,
$\ddot{\psi}$ – ugaona ubrzanja,	k_s – krutost oslonca sunčanog zupčanika,
r – polupr. podeonog kruga,	p_z – satelitski zupčanik,
k_v – krutost vratila,	ξ_G – koef. prigušenja u spoju,
s – sunčani zupčanik,	b – prigušenje,
ξ – kr. prig. ostalih. delova,	r – venčanik,
b_s – prigušenje oslonca,	x_s, y_s – pomeranje sunčanog zupčanika,
sunčanog zupčanika	

l – ležaj, b_v – prigušenje vratila,
 p – pogonski agregat, u – ulaz,
 i – izlaz, rm – radna mašina,
 v – vratilo, n – broj satelita,
 S/P – spoj sunčani zupčanik/satelit i
 P/R – spoj satelit/venčanik.

Promenljive F_{ds_i} i F_{ds_j} u jednačinama (4–10) su trenutne sile u sprezi zubaca za i -ti spoj S/P i P/R , određene su slaganjem sila od promenljivih krutosti u spregama zubaca i sopstvenih srodnih dinamičkih pomeranja, a određene su jednačinama

$$F_{ds_i} = b_{s_i} \left[r_{bs} \cdot \dot{\psi}_s - r_{bp_{pi}} \cdot \dot{\psi}_{p_{pi}} + \dot{x}_s \cdot \cos \alpha_i + \dot{y}_s \cdot \sin \alpha_i \right] + \quad (11)$$

$$c_{s_i} \left[r_{bs} \cdot \dot{\psi}_s - r_{bp_{pi}} \cdot \dot{\psi}_{p_{pi}} + \dot{x}_s \cdot \cos \alpha_i + \dot{y}_s \cdot \sin \alpha_i \right],$$

$$F_{dr_i} = b_{r_i} \left[r_{br} \cdot \dot{\psi}_r - r_{bp_{pi}} \cdot \dot{\psi}_{p_{pi}} \right] + c_{r_i} \left[r_{br} \cdot \dot{\psi}_r - r_{bp_{pi}} \cdot \dot{\psi}_{p_{pi}} \right], \quad (12)$$

uzimajući pri tome da je $\alpha_i = \pi - \alpha_s - \frac{(i-1)2\pi}{3}$ – ugao koji zaklapaju sile sprege sa osom x , a α_s – ugao dodimice. Jednačine 11 i 12 važe za radnu situaciju kada je $(r_{bg}' \cdot \dot{\psi}_g)_i < (r_{bp}' \cdot \dot{\psi}_p)_i$, pri čemu su: $(\cdot)$ – trenutna vrednost, p – pogonski zupčanik, g – gonjeni zupčanik u bilo kom i -tom satelitskom spoju.

Numerička analiza

Numerička analiza ovog problema urađena je za konkretnu konstrukciju planetarnog prenosnika sa sledećim parametrima

$$T_u = 470 \text{ Nm}, z_s = 18, z_p = 43, z_r = 102 \text{ zupca}, m = 2.5, \alpha_s = 22.5^\circ,$$

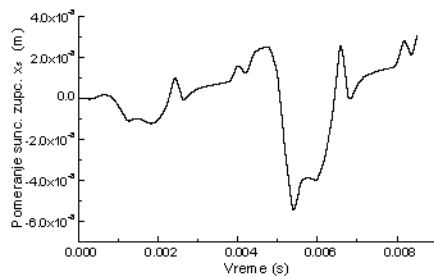
$$m_s = 2.6 \text{ kg}, m_c = 2.6 \text{ kg}, m_p = 2.85 \text{ kg}, m_r = 24.3 \text{ kg}, J_s = 0.001 \text{ kgm}^2,$$

$$J_{rm} = 2.2 \text{ kgm}^2, J_{p_1} = J_{p_2} = J_{p_3} = 0.0029 \text{ kgm}^2, J_r = 0.175 \text{ kgm}^2,$$

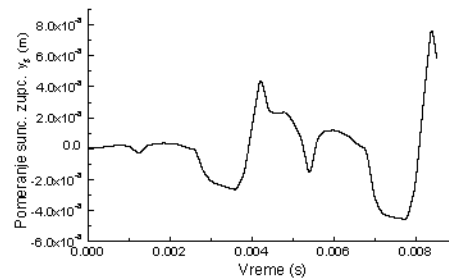
$$J_p = 0.56 \text{ kgm}^2, c_{pv} = 10^5 \frac{\text{Nm}}{\text{rad}}, c_{iv} = 10^5 \frac{\text{Nm}}{\text{rad}}, c_f = 1.75 \cdot 10^{10} \text{ N/m},$$

$$\varepsilon_{\alpha_{(S,P)}} = 1.64, \varepsilon_{\alpha_{(P,R)}} = 2.$$

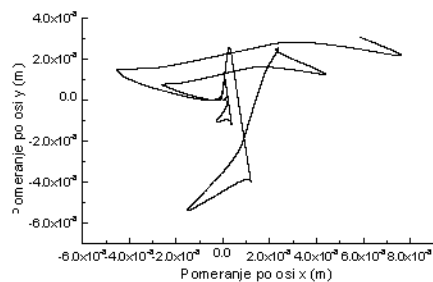
Parametri mehaničkog modela su ekvivalentni masama i krutostima realnog prenosnika. Vrednosti pomeranja i dinamičkih sila u spojevima date su na slikama 7 do 13.



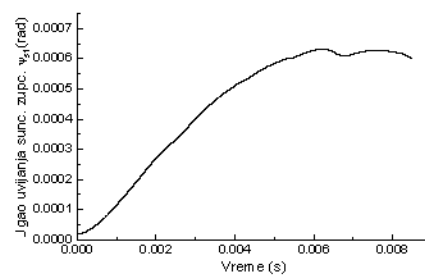
Slika 7 – Pomeranje sunčanog zupčanika – x_s
Figure 7 – Translation movement of the sun gear – x_s



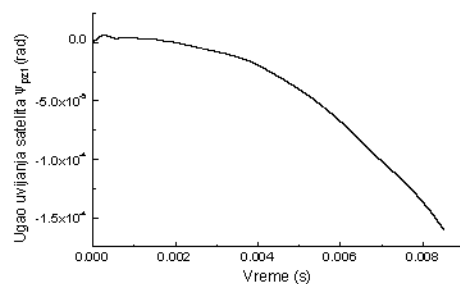
Slika 8 – Pomeranje sunčanog zupčanika – y_s
Figure 8 – Translation movement of the sun gear – y_s



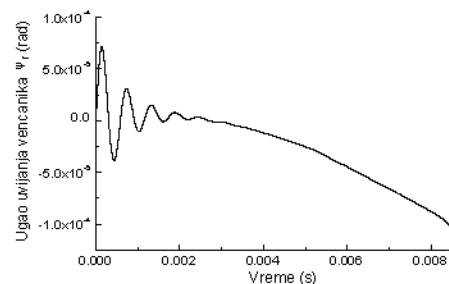
Slika 9 – Rezultujuće pomeranje centra sunčanog zupčanika
Figure 9 – Resulting sun gear center movement



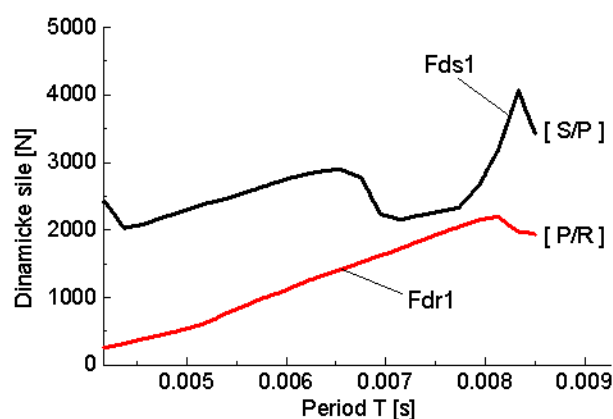
Slika 10 – Ugao uvijanja sunčanog zupčanika – ψ_s
Figure 10 – Angular displacement of the sun gear – ψ_s



Slika 11 – Ugao uvijanja prvog satelita – ψ_{pz1}
Figure 11 – Angular displacement of the first planet – ψ_{pz1}



Slika 12 – Ugao uvijanja venačnog zupčanika – ψ_r
Figure 12 – Angular displacement of the ring gear – ψ_r



Slika 13 – Promena dinamičke sile u spojevima S/P i P/R
Figure 13 – Dynamic load distributions in the S/P and P/R interfaces

Zaključak

Razvijen je model za simulaciju dinamičkog ponašanja jednostepenog planetarnog prenosnika sa zupčanicima sa pravim zupcima. Periodične funkcije pobude upotrebljene su kao vektori saglasno sprežnoj krutosti i parametrima statičkih grešaka prenosa koje su pretpostavljene kao poznate iz statičko-elastične analize.

Rezultati proračuna su vremenske funkcije promene pomeranja tačaka sistema po stepenima slobode i sila u spojevima S/P i P/R. Dobijeni rezultati u brojnom primeru daju osnovu da se zaključi:

- Sile u spojevima S/P i P/R planetarnog seta nisu konstantne već zavise od elastičnih deformacija zubaca u sprezi – krutosti sprege i imaju oscilatomni karakter,
- Sila u spoju sunčani zupčanik/satelit je većeg intenziteta u odnosu na silu u kontaktu satelit/venačni zupčanik što je i realno s obzirom na stepene sprezanja parova zupčanika,
- Pomeranja sunčanog zupčanika daju mogućnost predviđanja dinamičkih sila u ležaju.

Literatura

August, R., Kasuba, R., 1986, *Torsional Vibrations and Dynamic Loads in a Basic Planetary Gear System*, ASME Journal of Vibration, Acoustics, Stress, and Reliability in Design, Vol. 108, pp. 348–353.

August, R., Evans, J. W., 1981, *An Extended Model for Determining Dynamic Loads in Spur Gearing*, ASME Journal of Mechanical Design, Vol. 103, No. 2, pp. 398–409.

Batinić, V., 2001, *Unutrašnje dinamičke sile planetarnih prenosnika*, Naučnotehnički pregled, vol. LI, br. 3, pp.43–48, Beograd.

Lin, J., Parker, R. G., 2002, *Planetary gear parametric instability Caused by mesh stiffness variation*, Journal of Sound and Vibration 249(1), pp. 129–145.

Kasuba, R., August, R., 1984, *Gear Mesh Stiffness and Load Sharing in Planetary Gearing*, Fourth ASME International Power Transmission Conference, ASME PAPER 84-DET-229, 6 p., Cambridge, MA, Oct. 10–12.

Kahraman, A., 1994, *Planetary gear train dynamics*, Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, Journal of Mechanical Design, Vol. 116, pp. 713–720.

Ognjanović, M., 1985, *Uzajamne zavisnosti odstupanja mera, vibracije i šuma zupčastih prenosnika*, I deo, Mašinstvo, No. 34, pp. 1183–1190, Beograd.

PLANETARY GEAR DYNAMIC RESPONSE TO MESH PARAMETRIC EXCITATION

FIELD: Mechanical Engineering

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Summary:

Internal dynamic forces and displacements along the anticipated degrees of freedom in planetary gear trains are a consequence of coupled teeth elastic deformations, vibrations of train parts and changes in gear geometries due to tooth wear and cutting errors.

This paper considers the influence of time-varying mesh stiffness on possible displacements and forces in tooth contacts. The time-varying mesh stiffness functions were useful as nonlinear coefficients of gear mesh stiffness in a system of differential equations for an equivalent gear train model in the determination of the nature of displacements and internal dynamic forces. The results of the numerical analysis of differential equations describing dynamic behaviour are time-varying functions of displacements of system points and dynamic forces in tooth meshes of the sun-planet and ring-planet meshes.

Introduction

Describing the dynamic behavior of a system includes, among other things, predicting the movement provided by the degrees of freedom and forces in the contact of gear teeth. The level and the character of the displacements and the forces in the sun gear/planet and planet/ring meshes were discussed in papers (August, Kasuba, 1986), (August, Evans, 1981), (Lin, Parker, 2002), (Kasuba, August, 1984), (Kahraman, 1994), (Ognjanović, 1985) on a mechanical-mathematical model that includes time-varying mesh stiffness values modeled as rectangular waveforms with different contact ratios. Such changes of mesh stiffness values are a rough approximation of actual changes that parametrically excite the system.

Changes in mesh stiffness dependent on the changes in the number of pairs of teeth in contact, on the tolerances in shape and on tooth

wear are incorporated into the dynamic model of the planetary gear shown in this paper.

Mechanical-mathematical Model

To analyze the dynamic behavior of a planetary gear „a dynamic model of transmission should be defined first. Most authors who have dealt with this problem give the dynamic model as in Fig. 1. However, this model cannot show the connection with the drive gear and a working part having an impact on dynamics. Therefore, for the analysis of dynamic loads in the planetary gear, the complete transmission system (Fig. 2) was observed. This system includes a power source (plant), the load of machinery, gears, shafts and other damping sources. To eliminate the influence of the planet carrier on the dynamic characteristics of the meshes, an equivalent gear carrier was taken into consideration during the installation of a transmission system mechanical model. (Fig. 3).

The dynamics of the system is described by the differential equations from 4 to 10.

Numerical Analysis

The numerical analysis of this problem was done for a real planetary gear structure.

Conclusion

A model to simulate the dynamic behavior of single-stage planetary gears with straight-teeth gears is developed in this paper. Periodic excitation functions were used as vectors in accordance with the mesh stiffness and the parameters of static transmission errors assumed as known from the static-elastic analysis.

The calculation results are the functions of time changes of the system points displacements along the degrees of freedom and the forces in the S/P and P/R meshes.

The results obtained in the numerical example provide a basis for the following conclusions:

- Forces in the S/P and P/R planetary set meshes are not constant but dependent on the elastic deformation of teeth of mesh-mesh stiffness and have an oscillatory character,
- Force in the S/P mesh is more intense than the force in the P/R mesh, which is realistic given the contact ratio of meshing gears,
- Sun gear displacement gives the ability to predict the dynamic force in the bearing.

Key words: planetary gear train, dynamic forces, mesh stiffness, displacement, vibrations.

Datum prijema članka/Paper received on: 15. 05. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/ Manuscript corrections submitted on: 31. 05. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 02. 06. 2012.

CHARACTERIZATION OF NICKEL GRAPHITE SEALING COATINGS IN THE SYSTEM WITH THE NICKEL – ALUMINUM BONDING COATING

Mihajlo R. Mrdak, Research and Development Center
IMTEL Communications a. d., Belgrade

DOI: 10.5937/vojtehg61-1574

FIELD: Chemical Technology

ARTICLE TYPE: Original Scientific Paper

Summary:

This study shows the mechanical and structural characteristics of the Ni – graphite sealing and the effect of its use in the low and high pressure compressor parts in a TV2-117A turbojet engine. The coatings were deposited through the atmospheric plasma spray (APS) process. The sealing materials were substituted on the compressor working ring, compressor focusing devices and the compressor front body in a TV2-117A turbojet engine to ensure a maximum air flow in a temperature range from 100 to 125°C through the compressor at a pressure of 7 bars. Soft seals are formed as double systems consisting of a lower bond layer based on the NiAl coating and upper sealing layers of coatings based on Ni – 25% graphite and Ni – 15% graphite. The microstructure of the layers was examined using the light microscope. The morphology of Ni – graphite powder particles and the fracture morphology of the coatings were investigated using a Scanning Electron Microscope (SEM). The microstructural analysis of the deposited layers was performed according to the Pratt-Whitney standard. The mechanical properties of the coatings were assessed by testing the microhardness of the bond layers using the HV_{0.3} method and by testing the macrohardness of the sealing layers using the HR15y method. The strength of the bonds of coating double systems was tested using the tensile testing. The compressor part sealing effect was tested within the TV2-117A engine.

Key word: *atmospheric plasma spray (APS), sealing, microstructure, interface, microhardness, macrohardness, bond strength.*

Introduction

New generations of turbo-jet engines have to meet increasing demands for better reliability and longer work in exploitation. The goal of turbo-jet engine design is based on considerable driving force, high

* The author is thankful for the financial support from the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia (national projects OI 174004, TR 34016).

efficiency and lower fuel consumption. In order to achieve the objectives, the clearance between the rotor blades and the engine housing must be small (Demasi, 1994, pp. 1–9). Very good sealing of the gas flowing through the engine reduces gas losses due to leakage. Thermal spray processes are commonly used for sealing coatings because of a simple process, component repairs, easy setup and good sealing efficiency (Novinski, 1991, pp. 451–454). Also, the seals can provide thermal insulation of the casing, and reduce the impact of gas and fuel high temperature on the housing (Novinski, 1991, pp. 451–454), (Yi, 1999, pp. 47–53). Multicomponent powders used for sealing coatings production are applied for this purpose. The chemical composition of coatings mainly consists of a metal phase and a non-metallic phase of self – lubrication with high porosity (Oka, 1990, pp. 58–67). The most important properties that sealing coatings should have are high resistance to abrasion and scraping blade erosion resistance to gas and foreign particles present in the gas (Novinski, 1990, pp. 151–157), (Yi, 1997, pp. 99–102). Plasma spray coatings and plasma technology have a leading role in the technological process of protection of new aviation parts and repairs of jet engine motors. Today plasma spray coatings are widely applied to aircraft components of low and high pressure such as landing gear components, pressure compressors and gas turbine components (Nasr, 1988, pp. 75–84). Soft coatings are applied on the components of low and high pressure turbojet engine compressors because they are resistant to erosion and together with blades create low energy wear conditions. Coatings are designed to wear during operation without causing wear and damage to the blades or labyrinth seals. Coatings are structurally suitable for eccentric assemblies because they can compensate for changes in tolerances caused by machining. Nickel-graphite-based coatings enable clearance setting to the lowest value thus enhancing engine performances. Precision in machining tolerance significantly reduces damage to the blades and fuel consumption. Most frequently used abrasive coatings in the temperature range of 227°C–627°C are: nickel – graphite, aluminum – boron nitride, nickel – chromium – iron and aluminum – silicon – polyester. A choice of powders depends on the material conditions of exploitation and the physical-chemical properties of parts. The quality and the resource of coatings depend on deposition parameters. Sealing coating systems are designed to take into account the eccentricity rotor and dimensional changes caused by changes in the coating temperature. Sealing systems are designed to wear without leaving damage to the blade tops, and to maintain a constant gap (Tosnar, 1988, pp. 257–262). Blade materials and soft sealing materials are parallelly developed in order to achieve optimum characteristics of the wear of blade peaks and seals. At high speeds, the blade peaks must

act as efficient cutting tools. This is necessary in order to avoid damaging the gasket or the blades, which can lead to blade breakage if there is no effective cutting. The material should be highly resistant to erosion caused by foreign particles; it should wear without causing damage to the blades and withstand operating temperatures without affecting mechanical properties (Nasr, 1988, pp. 75–84). In wearable sealing systems, it is necessary to achieve a balance between material wear due to high temperatures, final machining, resistance to erosion and resistance to wear. The plasma spray powder deposition parameters enable the control of these critical characteristics. The plasma spray deposition process enables the control of porosity, density and thickness of coatings in order to obtain the required characteristics of sealant layers (Tosnar, 1988, pp. 257–262).

Soft sealings are formed as double systems. NiAl composite powder particles are commonly used for a lower bonding layer. Al-coated Ni particles enable the exothermic reaction with the release of heat which increases the bond strength of the coating with the substrate and the top coating (Deevi, et al., 1997, pp. 335–344). The Ni/Al coated powder gives coatings which consist of free-Al, α -Ni solid solution and NiO and Al_2O_3 oxides (Svantesson, Wigren, 1992). The thickness values of the binding layer must be consistent with the basic material of the substrate and the upper layer. The role of the binding layer is to provide good adhesion with the base material and a bond with the upper sealing layer.

The main function of the outer layer is sealing. Metco 307NS and 308NS powders are used for sealing coatings applied at 480°C, with high resistance to oxidation, wear and sudden changes in temperature (Metco 307NS, Metco 308NS Nickel Graphite Powder, 2000, Technical Bulletin 10–115). Thus formed soft seals provide an effective sealing with a minimum gap during engine operation and reduce the pressure losses in the compressors and turbine sections. Metco 307NS and 308NS powders consist of 75% Ni/25% graphite and Ni 85%/15% graphite. The chemical composition of Metco 308NS powder is identical and only differs in the graphite content and the particle size distribution within the range of 30–90 μm . Powders include a metal component i.e. nickel that provides toughness and a non-metallic component i.e. graphite that serves as a solid lubricant (Metco 307NS, Metco 308NS Nickel Graphite Powder, 2000, pp. 10–115). Metco 307NS and 308NS powders are certified by Pratt & Whitney aerospace company with the specifications PWA1352-1 and PWA1352-2. The powder is recommended for sealing parts such as rings and working compressor housings with an air flow of certain temperature.

Coatings are applied to the inner and outer surfaces of compressors of low, medium and high pressure. Prior to the powder deposition, the

substrate is preheated at a temperature ranging from 90 to 120°C. The preheating temperature is very important as well as the temperature control during the powder deposition since it significantly influences the hardness of deposited layers, the proportion of pores and the coating and substrate bond strength. Preheating the substrate increases the bond macrohardness and strength while reducing coating porosity. The substrate temperature during deposition should not exceed 180°C. Depending on the deposition parameters and equipment, Metco (5P, 6P and 6P-II) coatings have macrohardness in the range of 30–70 HR15y (Metco 307NS, Metco 308NS Nickel Graphite Powder, 2000, pp. 10–115). Coatings containing micropores with a share of 15% to 25% depend on the deposition parameters and equipment types. Sealing coatings are always deposited in a binary system with Metco 450NS bonding coating because of higher bond strength values (Metco 450NS Nickel /Aluminum Composite Powder, 2000, pp. 10–136).

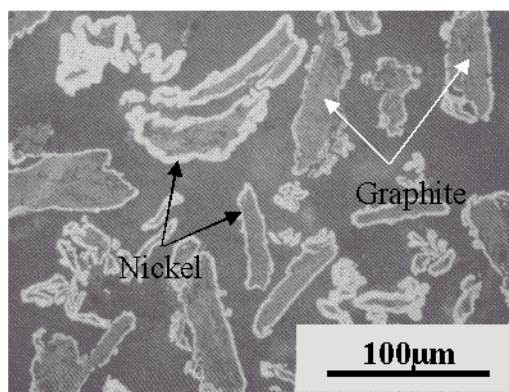
The aim was to use the plasma spray technology and nickel – graphite coatings for testing the effectiveness of the sealing of TV2-117A turbojet engines compressors.

World research in this area has resulted in the application of Ni-graphite coatings in the repair of TV2-117A turbojet engine compressors. The existing sealant has been replaced on the compressor work rings, focusing devices and the front compressor body. Compressor tests have confirmed that the new sealing system provides the maximum air flow of 100–125°C through the compressor at a pressure of 7 bar with improved fuel economy.

Materials and experimental details

The substrate material for depositing double sealing systems of coatings for testing mechanical and structural characteristics was X15Cr13 stainless steel (EN 1.4024). The material was used in the thermally untreated state. The Metco 450NS powder of the Sulzer Metco company was used for bonding layers. The powder consists of 95.5% nickel and 4.5% Al granules with a range of powder particles from 45 to 88µm (Metco 450NS Nickel /Aluminum Composite Powder, 2000, pp. 10–136). The coatings are self-binding and dense with high values of bond strength. The powders with Metco 307NS and Metco 308NS designations were used for the production of sealing coatings. Powder particles consist of graphite cores coated with fine particles of nickel. The Metco 307NS powder consists of 75% Ni and 25% graphite with a range of powder particle granules from 30 to 90µm. The powder melting temperature is 1455°C. The Metco 308NS powder is chemically identical

but differs in graphite content and distribution of particle size within the range of 30–90 μm . The powder 308NS consists of 85% Ni and 15% graphite with the same melting temperature as the Metco 307NS powder (Metco 307NS, Metco 308NS Nickel Graphite Powder, 2000, pp. 10–115). Fig. 1 gives a SEM photomicrograph showing the morphology of Ni-25% graphite powder particles. The powder particles are irregular in shape. The graphite particles are surrounded by light gray nickel.



Slika 1 – (SEM) Skenirana elektronska mikrofotografija čestica prahe Ni-25% grafit
Figure 1 – (SEM) Scanning electron micrograph of Ni-25% graphite powder particles

The deposition powder manufacturer recommends the equipment with the label Metco (5P, 6P and 6P-II) that uses a mixture of acetylene and oxygen as an energy source, not excluding the possibility of using the atmospheric plasma spray equipment. The powder manufacturer has regulated the powder deposition parameters and the characteristics of the produced coatings for the particular equipment. Secondary plasma gas is not applied in plasma spray systems. Arc plasma energy, defined by the gas flow and amperage, is applied for powder melting, thus preventing graphite burning and change in the powder composition. Coatings were applied on the samples and the compressor parts by the plasma spray process at the atmospheric pressure (APS). Coatings were applied to the samples and the parts previously abraded with white corundum with particle sizes from 0.7 to 1.5 mm. Before deposition, the bases were preheated at temperatures from 90 to 120°C. The atmospheric plasma spray (APS) system of the Plasmadyne firm was used for the production of coatings. Due to the geometry of the focusing device (IV-IX level), the front compressor body and compressor rings (V-X level), powder deposition was done with a special plasma gun MINI-GUN II with the dimensions $\Phi 25 \times 600$ mm. The plasma gun consisted of the anode A 2084-F65, the cathode K 1083–129 and the gas injector GI

2084 B-103. Bonding layers were deposited with a plasma gas mixture of Ar-He. Argon was used as a gas for depositing Ni-graphite particles with electric currents of 600A, 650A and 700A. On the samples for testing the characteristics of coatings, the bonding NiAl layers were deposited with the share of deposits of 0.025 microns per single plasma gun pass with a total thickness of 0.15 mm. The sealing Ni-graphite layers were deposited with the share of deposits of 0.12 mm in a single plasma gun pass with a total thickness of 0.36 mm. The Ni-25% graphite coating is deposited on the front of the compressor body, while the Ni-15% graphite coating is deposited on the compressor working rings and focusing devices. The coatings deposited on the compressor parts had a total thickness of 2.3 mm. The detailed values of spray parameters are shown in Table 1.

Table 1 – Plasma spray parameters
Tabela 1 – Plazma sprej parametri

Deposition parameters	NiAl	Ni -25% graphite	Ni -15% graphite
Electric current (A)	800	700/650/600	700/650/600
Arc voltage (V)	39	34/32/31	34/32/31
Primary Ar plasma gas (l / min)	75	54	54
Secondary plasma gas He (l / min)	50	–	–
Carrier Ar gas flow (l / min)	7	9	9
Rotation of the disk (r / min)	2.5	3.2	3.2
Plasma gun distance (mm)	60	65	65
Extensive work speed (mm / s)	500	250	250
Plasma gun feed rate (mm)	3	3	3

Mechanical and microstructural characterizations of the obtained coatings were carried out according to the Pratt & Whitney standard (Turbojet Engine – Standard Practices Manual, 2002). Rectangular samples of 70 × 20 × 1.5 mm were used for the measurement of hardness and metallographic tests, while the tensile strength was tested on cylindrical samples of Ø25 × 50 mm. The microstructure analysis of the coatings was conducted on a light microscope, while the powder morphology and coating fracture morphology were carried out on the SEM (Scanning Electron Microscope).

The microhardness of binding layers was measured using a Vickers diamond pyramid indenter and 300 g load ($HV_{0.3}$). The measurement was carried out in the direction along the lamellae, in the middle and at the ends of the sample. Three readings were conducted at three points and the results were averaged.

The macrohardness of Ni-graphite coatings was performed using a Rockwell steel ball of 12.7 mm in diameter and a load of 15kg (HR15y).

The macrohardness of coatings was measured along the layers. To assess the homogeneity of the layers, the measurements were carried out in three points: in the middle, on the left and on the right end of the samples. The presented macrohardness results are the averaged values of the majority of measurements.

The tests of tensile bond strength were carried out at room temperature on hydraulic equipment with a speed of 10 mm / min, for all sample tests. The geometry of the samples is in accordance with ASTM C633 standard. For each group of samples, three test specimens were tested and the results were averaged.

Results and discussion

The values of microhardness of NiAl bonding layers were in the range of 203–210HV_{0.3} and above the values of the standard PWA (min. 140 HV_{0.3}) (Turbojet Engine – Standard Practices Manual, 2002). This implies that during the deposition process there was a complete reaction of Al and Ni particles. The values of macrohardness of Ni-graphite layers are shown in Fig. 2 and the bond strength of the system NiAl / Ni-graphite coating in Fig. 3. The electric current values that are directly related to the plasma gun power supply affected the values of the macrohardness and the bond strength of the deposited layers. The layers deposited with the lowest amperage of 600A showed the lowest value of macrohardness of 62 HRY for Ni-25% graphite and 65 HRY for Ni-15% graphite coatings. The highest macrohardness value of 68 HRY for Ni-25% graphite and 70 HRY for Ni -15% graphite coatings occurred in the layers deposited with the highest value of electric current of 700A. For all deposited coatings, the obtained macrohardness values are within the limits prescribed by the powder manufacturer (Metco 307NS, Metco 308NS Nickel Graphite Powder, 2000, 10–115). The increased amperage resulted in the increased tensile bond strength of the NiAl/Ni-graphite coating system, leading to a better and more dense packing of particles at each other followed by a smaller proportion of pores. Layers deposited with a higher amperage are thicker as confirmed by metallographic examinations of samples. In addition, higher values of the macrohardness of Ni-graphite layers deposited with a higher amperage indicate a greater cohesive strength of the layers, as confirmed by the results of tensile bond strength. The tensile bond strength for the NiAl / Ni-graphite coating system directly depends on the amperage (Fig. 3). All coating systems had good values of tensile bond strength, resulting from the exothermic reaction of Al and Ni, which occurs during the deposition of Ni powder coated with Al. The

exothermic reaction enables obtaining good adhesion strength with the substrate and good cohesion strength between the lamellae (Deevi, et al., 1997, pp. 335–344), (Mrdak, et al., 2004., pp. 321–326).

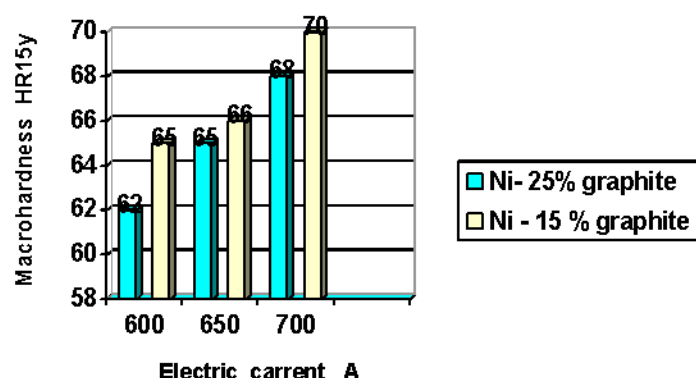


Figure 2 – Macrohardness of Ni-graphite layers
Slika 2 – Makrotvrdoća Ni-grafit slojeva

The coatings deposited with the highest amperage have higher tensile bond strength for 40 MPa and 42 MPa, and the coatings deposited with the lowest amperage have the minimum tensile strength for 30 MPa and 32 MPa. For all coatings, the fracture occurred along the boundary between the substrate and the bond layer. This means that the bond between the NiAl and Ni-graphite layers is good as well as the cohesive strength of Ni-graphite coating.

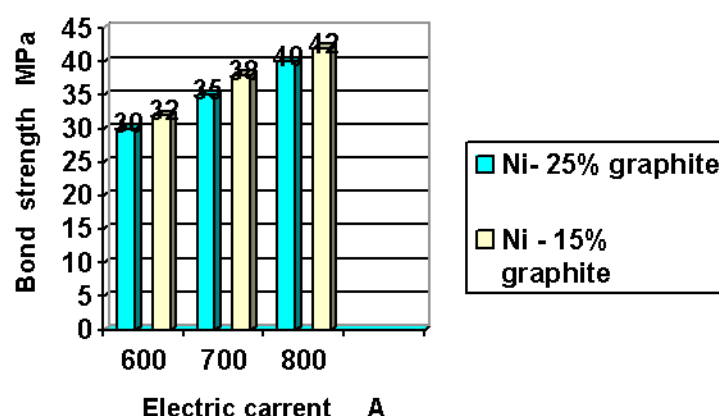


Figure 3 – Bond strength of Ni-graphite layers
Slika 3 – Čvrstoća spoja Ni-grafit slojeva

Microstructures of the coating systems NiAl/Ni-25% graphite and NiAl / Ni-15% graphite deposited with the amperage of 700 A are shown in Figs. 4 and 5.

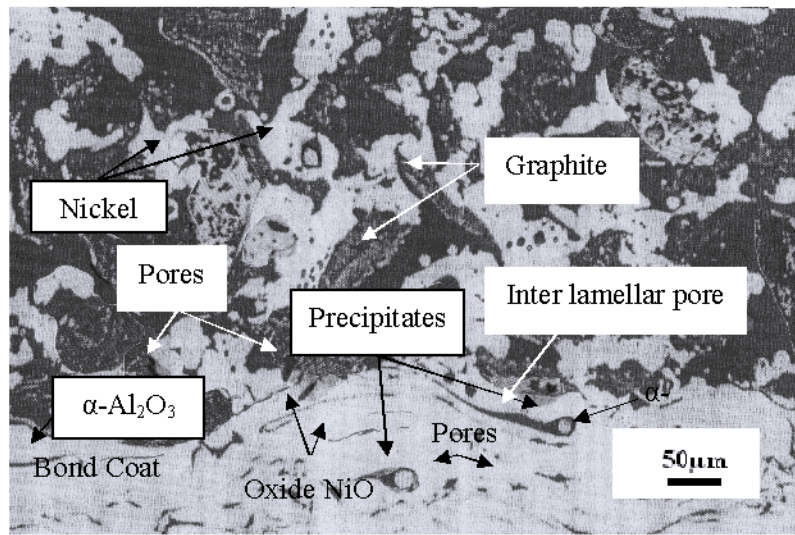


Figure 4 – Microstructure of NiAl / Ni-25% graphite layers deposited with 700A
Slika 4 – Mikrostruktura NiAl / Ni-25% grafit slojeva deponovanih sa 700A

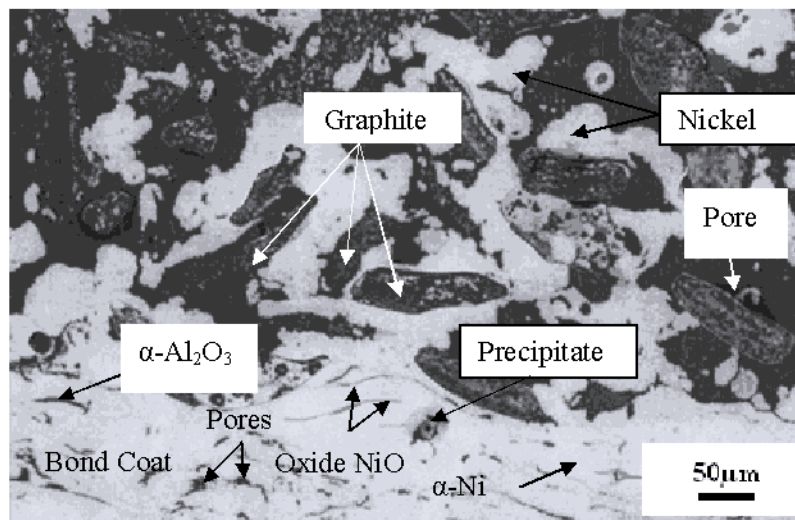


Figure 5 – Microstructure of NiAl / Ni-15% graphite layers deposited with 700A
Slika 5 – Mikrostruktura NiAl / Ni-15% grafit slojeva deponovanih sa 700A

NiAl bonding layers are deposited uniformly without interruption on the substrate. In the NiAl layer structure, unmelted powder particles are not visible. In photomicrographs, a smaller proportion of spherical precipitates is observed as a consequence of the collision of the melted powder particles with the substrate. At the time of the collision, melted particles break at the ends and remain as residue in the coating. A small proportion of the interlamellar spherical pores is visible through the layers. The structure of bonding coatings is lamellar and consists of a solid solution of light gray nickel α -Ni. In the basis of the solid solution, thin oxide films of NiO and α -Al₂O₃ are clearly visible, formed between the base lamellae originating from oxidation of Ni and Al in the process of solidification and compressed air cooling. Coatings are dense and homogeneous with a small proportion of pores in the coating layers. Microcracks and macrocracks are not visible through coating layers. Micro pores and microcracks are not present on the interface between the NiAl bond layers and Ni-graphite layers. This suggests a good bonding of the Ni from the NiAl coating with the Ni from the Ni-graphite coating.

Ni-graphite layers are uniformly deposited on the bonding layers with the nickel lattice in the coating. In photomicrographs 4 and 5, nickel lattices are light gray and marked with black arrows. Ni particles are melted and well-bonded to form the basis of the Ni-graphite coating. The Ni lattices are an indication that the powder particles were melted evenly and properly deposited in the coating layers. Among the deposited Ni particles there are black graphite particles marked with white arrows. In the microstructure, there are graphite particles which retained the morphology before the deposition. This is an indication that graphite did not burn in the deposition process. Graphite particles are surrounded and encapsulated with Ni particles which prevent graphite from falling out. Graphite acts as a solid lubricant and, in the contact with the compressor blades, due to friction, conducts heat away rapidly, which further reduces the input stress in coatings. In photomicrographs, small pores with a small share are observed in the graphite areas. The microstructure does not reveal the vacancies due to extracted graphite particles. Micro-cracks and rough pores are not observed through coating layers, which is in accordance with the mechanical properties of layers.

Figs. 6 and 7 show the microstructures of the Ni-25% graphite and Ni-15% graphite coating layers without bond layers deposited with the current of 700A, which showed the best mechanical and structural characteristics.

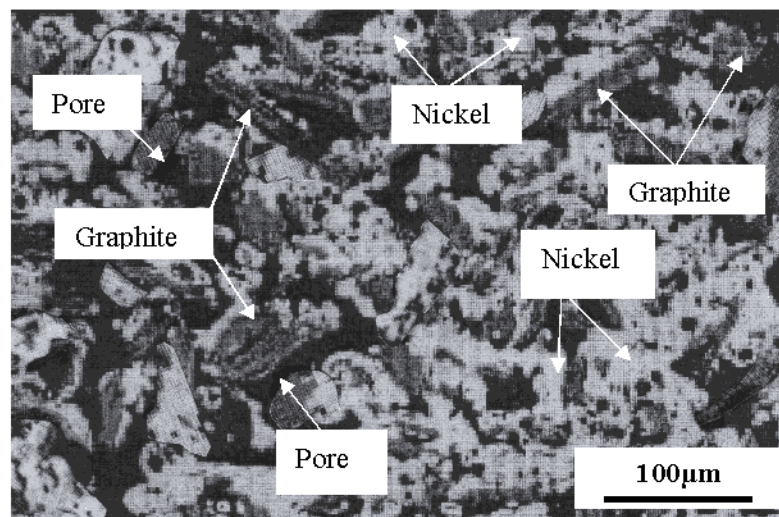


Figure 6 – Microstructure of Ni-25% graphite layers deposited with 700A
Slika 6 – Mikrostruktura Ni-25% grafit slojeva deponovanih sa 700A

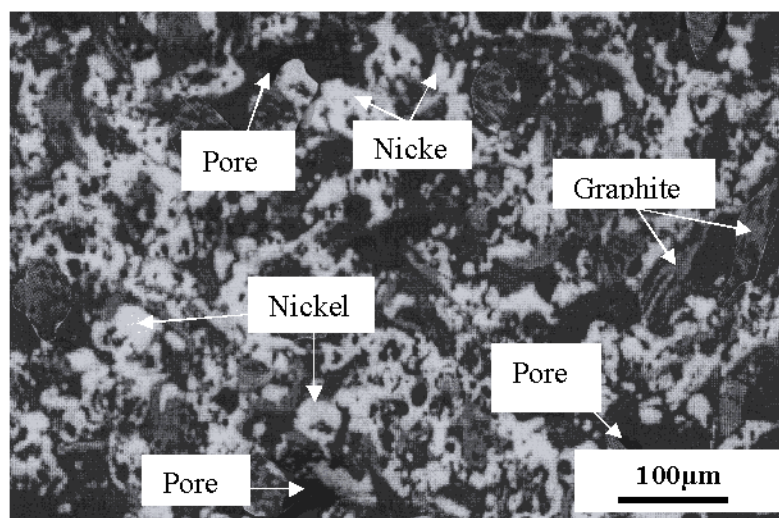


Figure 7 – Microstructure of Ni-15% graphite layers deposited with 700A
Slika 7 – Mikrostruktura Ni-15% grafit slojeva deponovanih sa 700A

Photomicrograph 6 shows the light gray Ni lattice which is, due to a higher content of Ni, more noticeable than the microstructure of the coating with a lower content of Ni shown in Fig. 7. Unmelted Ni particles and microcracks are not present in the Ni-graphite layers. Graphite with a

small share of pores is present in the layers. The Ni metal base which gives strength, toughness, resistance to oxidation, corrosion and erosion has a good interlamellar bond. Graphite as solid lubricant and a means to control porosity is evenly distributed in the coating layers (Guilemany, et al., 2001, pp. 1115–1118). It is surrounded and encapsulated by the Ni metal base which is very important because graphite increases the coating resistance to thermal shocks, which is one of the key criteria that Ni-graphite sealing coatings must meet in exploitation. Uniformly deposited graphite in the Ni basis prevents the transfer of the coating to the blades and chipping of the paint, and reduces coating erosion.

Fig. 8 shows a photomicrograph of the fracture morphology of the Ni-25% graphite layers deposited with 700A.

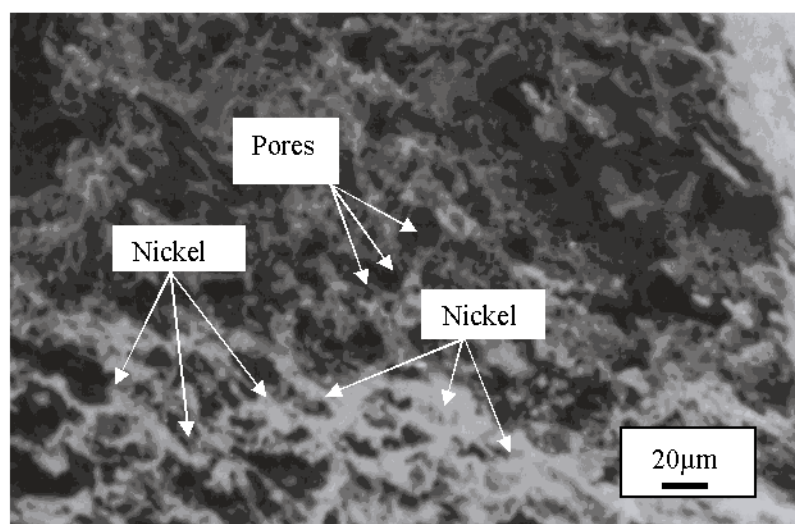


Figure 8 – SEM photomicrograph of the fracture morphology of the Ni-25% graphite coating deposited with 700A

Slika 8 – SEM mikrofotografija morfologije loma Ni-25% grafitr prevlake deponovane sa 700A

The Ni fracture morphology consisting of a solid solution α -Ni is visible on the fracture. The fracture is tough and graphite particles are not visible in the microstructure of the fracture due to poor adhesion to the α -Ni particles. The bond strength between Ni lamellae and graphite is weak because of different types of materials. Graphite is soft and non-metallic material. The carbon atoms in graphite are arranged in the vertices of regular hexagons that form the layers. Each carbon atom within a layer is surrounded by three nearest neighbors with mutual covalent bonds. Weak Van der Waals forces act between the layers. Because of its

layered structure, it splits easily along the layers under force. A brittle bond between the particles of graphite and the α -Ni metal grains caused the fracture of graphite and its falling out from basis. The vacancies in the α -Ni base that were previously filled with graphite are clearly visible in photomicrographs. During solidification, the α -Ni particles formed a structure of the coating in a form of a continuous lattice that encloses graphite particles, which, during exploitation, reduces erosion of the coating, as well as coating transfer onto the blades and prevents coating chipping.

Conclusion

Tests of Ni-25% graphite and Ni-15% graphite sealing coatings in the system with the NiAl bond coating have shown that amperage affects the mechanical properties and the structures of Ni-graphite deposited layers. NiAl bonding layers are homogeneous, dense and consist of α -Ni, NiO and α -Al₂O₃. The values of microhardness of the bonding NiAl layers were above the prescribed standard values indicating a complete reaction of Al and Ni particles. The good NiAl bond with Ni-graphite coatings was confirmed in the tests of tensile bond strength. For Ni-graphite coatings, the layers deposited with the highest amperage had the highest macrohardness values. Macrohardness values for Ni-25% graphite and Ni-15% graphite were within the prescribed limits. The tensile strength of the Ni-graphite coating bond in the system with the bond coating is directly related to the amperage. The layers deposited with the highest current strength had the highest values of tensile bond strength.

The qualitative analysis of the Ni-graphite layers in the cross-section showed that the coatings were evenly and continuously deposited on the bonding layers. Micro and macrocracks are not present at the interface due to which the coatings have good adhesion with the bonding layers.

The Ni-25% graphite and Ni-15% graphite microstructures showed a uniform structure throughout the whole length of the samples. The base of the Ni-graphite coatings consists of the α -Ni solid solution with a continuous lattice. The microstructure of α -Ni is light gray and that of graphite is black. The graphite particles are surrounded and encapsuled by lamellae of Ni solid solution which prevent fallout of graphite particles during exploitation.

Due to a higher heat content of the plasma jet, the Ni-graphite layers deposited with the highest strength of electric current showed higher values of mechanical characteristics that are consistent with the microstructures.

The results indicate that the intensity of electric current can affect the mechanical properties and the structure of Ni-graphite layers. The application of Ni-graphite coatings as a new sealing system on the low and high pressure parts of the compressors of TV2-117A engines provided the maximum flow of the air the temperature of which was 100-125°C through the compressor at a pressure of 7 bar with reduced fuel consumption.

Literature

- Deevi, S.C., Sikka, V.K., Swindeman, C.J., and Seals, R.D., 1997, Reactive Spraying of Nickel – Aluminide Coatings, *Journal of Thermal Spray Technology*, 6(3), pp. 335–344.
- Demasi, J.T., Protective coating in the gas turbine engine, *Surf.Coat.Technol.*, 1994, Protective coating in the gas turbine engine, *Technol.* 68–69, pp. 1–9.
- Guilemany, J.M., Navarro, J., Lorenzana, C., Vizcaino, S., Miguel, J. M., 2001, Tribological behaviour of abradable coatings obtained by atmospheric plasma spraying (APS), *Pub.ASM international, Materials Park, OH-USA*, pp. 1115–1118.
- Mrdak, M., Kakaš, D., Pović, Đ., *Struktura i svojstva nikal-aluminid prevlaka deponovanih plazma sprengom, Konferencija Istraživanje i razvoj mašinskih elemenata i sistema, IRMES '04, Kragujevac, 2004*, pp. 321–326.
- Nasr, H., 1988, Some Areas of Application of Plasma Spray Coatings in the Field of Aviation, *Proceedings of the 1st Plasma-Technik Symposium, Lucerne, Switzerland*, 3, pp. 75–84.
- Novinski, E.R., 1991, The design of thermal sprayed abradable seal coatings for gas turbine engines, *Proceedings of 4th National Thermal Spray Conference, USA*, pp. 451–454.
- Novinski, E.R., 1990, Process parameter impact on the physical properties of an advanced abradable coating, *Proceedings of 3rd National Thermal Spray Conference, USA*, pp. 151–157.
- Oka, T., 1990, Basic characteristic of different abradable coatings, *Proceedings of International Thermal Spraying Conference, Germany*, pp. 58–67.
- Svantesson, J., Wigren, J., A., 1992, A Study of Ni-5wt. NiAl Coatings Produced from Different Feedstock Powder, *Journal of Thermal Spray Technology*, 1 (1).
- Tosnar, L., 1988, Plasma Sprayed Seal Coatings, *Proceedings of the 1st Plasma-Technik Symposium, Lucerne, Switzerland*, 2, pp. 257–262.
- Yi, M., 1999, Friction and wear behaviour and abradability of abradable seal coating, *Wear* 231, pp. 47–53.
- Yi, M., 1997, Erosion wear of AlSi-graphite and Ni/graphite abradable seal coating, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English letter)*, 8 (2), pp. 99–102.
- Metco 307NS, Metco 308NS Nickel Graphite Powder, 2000, *Technical Bulletin* 10–115, Sulzer Metco.
- Metco 450NS Nickel /Aluminum Composite Powder, 2000, *Technical Bulletin* 10–136, Sulzer Metco.
- Turbojet Engine – Standard Practices Manual (PN 582005), 2002., Pratt & Whitney, East Hartford, USA.

KARAKTERIZACIJA NIKAL-GRAFIT ZAPTIVNIH PREVLAKA U SISTEMU SA VEZNOM PREVLAKOM NIKAL-ALUMINIJUM

OBLAST: hemijske tehnologije
VRSTA ČLANKA: originalni naučni članak

Sažetak:

U ovom istraživanju prikazane su mehaničke i strukturne karakteristike Ni-grafit zaptivki i efekat njihove primene na delovima kompresora niskog i visokog pritiska turbomlaznog motora TV2-117A. Prevlake su deponovane (APS) atmosferski plazma sprej postupkom. Izvršena je supstitucija zaptivnog materijala na radnim prstenovima kompresora, usmeravajućim aparatima i prednjem telu kompresora turbomlaznog motora TV2-117A, da bi se obezbedio maksimalan protok vazduha temperature od 100-125°C kroz kompresor pod pritiskom od 7 bara. Meke zaptivke su formirane kao dvojni sistemi koji se sastoje od donjeg veznog sloja na bazi NiAl prevlake i gornjih zaptivnih prevlaka na bazi slojeva Ni-25% grafit i Ni-15% grafit. Mikrostrukture slojeva su procenjene na svetlosnom mikroskopu. Morfolofija čestica praha Ni-grafita i morfolofija loma prevlake je ispitana na (SEM) skenirajućem elektronskom mikroskopu. Mikrostrukturna analiza deponovanih slojevima je urađena u skladu sa standardom Pratt-Whitney. Procena mehaničkih karakteristika prevlaka je urađena ispitivanjem mikrotvrdoće veznih slojeva metodom HV_{0.3} i makrotvrdoće zaptivnih slojeva metodom HR15y. Čvrstoće spoja dvojnih sistema prevlaka su ispitane metodom kidanja na zatezanje. Efekat zaptivanja delova kompresora je ispitivan u sklopu motora TV2-117A.

Uvod

Nove generacije turbo mlaznih motora imaju sve veće zahteve za boljom pouzdanošću rada i dužim resursom u eksploataciji. Cilj projektovanja i dizajniranja turbo mlaznih motora se zasniva na velikoj pogonskoj sili, visokoj efikasnosti i manjoj potrošnji goriva. Da bi se postigli postavljeni ciljevi, zazori između rotorskih lopatica i kućišta motora moraju da budu mali. Veoma dobro zaptivanje gasa koji protiče kroz motor smanjuje gubitke gasa uzrokovane curenjem. Za izradu zaptivnih prevlaka najčešće se koriste termo sprej procesi zbog jednostavnog procesa, lake popravke komponenti, lakog podešavanja osobina prevlaka i dobre efikasnosti zaptivanja. Takođe, zaptivke mogu da obezbede toplotnu izolaciju kućišta, i smanje uticaj visokih temperatura gasa i goriva na kućište. Za tu namenu se koriste višekomponentni prahovi od kojih se proizvode zaptivne prevlake. Po hemijskom sastavu prevlake se uglavnom sastoje od metalne faze i nemetalne faze za samo – podmazivanje sa visokom poroznošću. Najvažnija svojstva koja treba da poseduju zaptivne prevlake su velika otpornost na trošenje struganjem lopatica i otpornost na eroziju gasa i stranih čestica koje su prisutne u gasu.

Na komponentama niskog i visokog pritiska kompresora turbomlaznih motora se primenjuju meke prevlake koje su otporne na erozi-

ju i u sklopu sa lopaticama uzrokuju niskoenergetske uslove trenja. Prevlake su projektovane tako da se u eksploataciji habaju, a da pri tome ne uzrokuju habanje i oštećenja lopatica ili šavova labirinta. Prevlake su po svojoj strukturi pogodnije za ekscentrične sklopove jer mogu da kompenzuju promene tolerancija uzrokovane mašinskom obradom. Prevlake na bazi nikal – grafita omogućuju podešavanje zazora na najmanju vrednost, a sa time i na poboljšanje performansi motora. Preciznost u toleranciji mašinske obrade se odražava i na znatno smanjenje oštećenja lopatica i smanjenje potrošnje goriva.

Kod zaptivnih sistema koji se troše, potrebno je uravnoteženje između trošenja materijala pod uticajem toplote, završne površinske obrade, otpornosti na eroziju i otpornosti na habanje. Sa plazma sprej parametrima depozicije prahova omogućena je kontrola navedenih kritičnih karakteristika. Plazma sprej proces depozicije omogućuje kontrolu poroznosti, gustine i debljine prevlaka da bi se dobili zaptivni slojevi traženih karakteristika.

Meke zaptivke se formiraju kao dvojni sistemi. Za izradu donjeg veznog sloja najčešće se koristi kompozitni prah NiAl. Obložene čestice Ni sa česticama Al omogućuju egzotermnu reakciju uz oslobađanje toplote koja uvećava čvrstoću veze prevlake sa supstratom i gornjom prevlakom. Obloženi prah Ni/Al proizvodi prevlake koje se sastoje od slobodnog Al čvrstog rastvora α -Ni i oksida NiO i Al_2O_3 .

Uloga veznog sloja je da omogući dobru adheziju sa osnovnim materijalom i vezu sa gornjim zaptivnim slojem. Spoljni sloj ima osnovnu funkciju zaptivanja. Prahovi Metco 307NS i 308NS se koriste za izradu zaptivnih prevlaka koje se primenjuju do 480°C koje do ovih temperatura imaju veliku postojanost na oksidaciju, habanje i nagle promene temperatura.

Pre depozicije praha radi se predgrevanje podloge u rasponu temperature od 90–120°C. Temperatura predgrevanja je veoma bitna kao i kontrola temperature u toku depozicije praha jer bitno utiče na tvrdoću deponovanih slojeva, na udeo pora i čvrstoću spoja između prevlake i supstrata. Sa predgrevanjem podloge povećava se makrotvrdoća i čvrstoća spoja dok se smanjuje poroznost prevlaka. Temperatura podloge u toku depozicije ne sme da pređe 180°C.

Cilj istraživanja je bio da se plazma sprej tehnologijom i nikal grafit prevlakama ispita efikasnost zaptivanja kompresora turbomlaznog motora TV2-117A. Svetska istraživanja u ovoj oblasti su uticala na primenu Ni-grafit prevlaka u postupku remonta kompresora turbomlaznog motora TV2-117A. Izvršena je supstitucija postojećeg zaptivnog materijala na radnim prstenovima kompresora, usmeravajućim aparatima i prednjem telu kompresora. Ispitivanja kompresora na ispitnoj stanici su potvrdila da novi sistem zaptivanja obezbeđuje maksimalan protok vazduha temperature od 100–125°C kroz kompresor pod pritiskom od 7 bara uz smanjenu potrošnju goriva.

Materijali i eksperimentalni detalji

Materijal supstrata za deponovanje dvojnih zaptivnih sistema prevlaka za ispitivanje mehaničkih i strukturnih karakteristika je bio od nerđajućeg čelika X15Cr13 (EN 1.4024). Materijal je korišćen u termički neobrađenom

stanju. Za proizvodnju veznih slojeva koristio se prah firme Sulzer Metco sa oznakom Metco 450NS. Prah se sastoji od 95,5% nikla i 4,5% Al sa rasponom granulata čestica praha od 45–88 μm . Prevlake su samovezujuće i guste sa visokim vrednostima čvrstoće spoja. Za izradu zaptivnih prevlaka korišćeni su prahovi sa oznakama Metco 307NS i Metco 308NS. Čestice prahova se sastoje od grafitnih jezgara obloženih finim česticama nikla. Prah Metco 307NS se sastoji od 75% Ni i 25% grafita sa rasponom granulata čestica praha od 30–90 μm . Temperatura topljenja praha je 1455°C. Prah Metco 308NS je po hemijskom sastavu identičan i razlikuje se po sadržaju grafita i raspodeli veličine čestica unutar opsega od 30–90 μm . Prah 308NS se sastoji od 85% Ni i 15% grafita sa istom temperaturom topljenja kao prah Metco 307NS. Na sl. 1 je prikazana SEM mikrofotografija na kojoj se vidi morfologija čestica praha Ni-25% grafit. Čestice praha su nepravilnog oblika. Čestice grafita su tamne boje okružene niklom svetlo sive boje.

Proces nanošenja slojeva prevlaka na uzorcima i delovima kompresora je urađen plazma sprej postupkom na atmosferskom pritisku (APS). Prevlake su nanete na uzorcima i delovima koji su ohrapavljeni belim korundom veličine čestica od 0,7–1,5 mm. Pre depozicije osnove su predgrejane na temperaturi od 90–120°C. Za izradu prevlaka koristio se atmosferski plazma sprej sistem (APS) firme Plasmadyne. Zbog geometrije delova: usmeravajućeg aparata od IV-IX stepena, prednjeg tela kompresora i radnih prstenovima kompresora od V-X stepena, deponovanje prahova je urađeno sa specijalnim plazma pištoljem MINI-GUN II dimenzija $\Phi 25 \times 600$ mm. Plazma pištolj se sastojao od: anode A 2084-F65; katode K 1083A-129 i gas injektoru GI 2084 B-103. Vezni slojevi su deponovani sa mešavinom plazma gasovima Ar-He. Za deponovanje Ni-grafit čestica kao gas je korišćen argon sa jačinama električne struje od 600,650 i 700A. Na uzorcima za ispitivanje karakteristika prevlaka, vezni slojevi NiAl su deponovani sa udelom depozita od 0,025 μm po jednom prolazu plazma pištolja sa ukupnom debljinom od 0,15 mm. Zaptivni slojevi Ni-grafit su deponovani sa udelom depozita od 0,12 mm po jednom prolazu plazma pištolja sa ukupnom debljinom od 0,36 mm. Na prednjem telu kompresora deponovana je prevlaka Ni-25% grafit, dok je na radnim prstenovima i usmeravajućim aparatima kompresora deponovana prevlaka Ni-15% grafit. Na delovima kompresora deponovane su prevlake sa ukupnim debljinama od 2.3 mm. Detaljne vrednosti sprej parametara su prikazane u tabeli 1.

Mehaničke i mikrostrukturne karakterizacije dobijenih prevlaka su izvršene prema standardu Pratt & Whitney. Za merenje tvrdoće i metalografska ispitivanja korišćeni su pravougaoni uzorci $70 \times 20 \times 1,5$ mm, dok su za zateznu čvrstoću korišćeni cilindrični uzorci $\Phi 25 \times 50$ mm. Mikrostrukturna analiza prevlaka urađena je na svetlosnom mikroskopu, dok je morfologija praha i morfologija loma prevlake urađena na SEM-u (skening elektronskom mikroskopu).

Merenje mikrotvrdoće veznih slojeva je urađeno korišćenjem Vickers dijamant piramide indenter i 300 grama opterećenje ($HV_{0.3}$). Merenje je obavljeno u pravcu duž lamela, u sredini i na krajevima uzorka. Na tri mesta sprovedena su tri očitavanja a dobijeni rezultati su usrednjeni.

Makrotvrdoća Ni-grafit prevlaka je urađena korišćenjem Rockwell čelične kugle prečnika 12,7 mm i opterećenje od 15 kg (HR15y). Makrotvrdoća prevlaka je merena duž slojeva. Da bi se procenila homogenost slojeva merenje je izvršeno u tri oblasti: u sredini i na levom i desnom kraju uzoraka. Prikazani rezultati makrotvrdoće su osrednjene vrednosti većeg broja merenja.

Testovi zatezne čvrstoće spoja su vršeni na sobnoj temperaturi na hidrauličnoj opremi sa brzinom od 10 mm/min, za sva ispitivanja. Geometrija uzoraka je u skladu sa ASTM C633 standardom. Za svaku grupu uzoraka urađene su po tri epruvete a dobijeni rezultati su usrednjeni.

Rezultati i diskusija

Vrednosti mikrotvrdoće veznih slojeva NiAl su bile u rasponu od 203–210HV_{0,3} i iznad su vrednosti propisanih standardom PWA (in.140 HV_{0,3}). To govori da je u procesu depozicije došlo do potpune reakcije čestica Al i Ni. Vrednosti makrotvrdoće Ni-grafit slojeva su prikazane na slici 2. i čvrstoće spoja sistema NiAl / Ni-grafit prevlaka na slici 3. Vrednosti električne struje koje su u direktnoj vezi sa snagom napajanja plazma pištolja uticale su na vrednosti makrotvrdoće i čvrstoće spoja deponovanih slojeva. Slojevi deponovani sa najmanjom jačinom struje od 600 A su pokazali najniže vrednosti makrotvrdoće od 62 HRy za Ni-25% grafit i 65 HRy za Ni-15% grafit prevlaku. Najviše vrednosti makrotvrdoće od 68 HRy za Ni-25% grafit i 70 HRy za Ni-15% grafit prevlaku su pokazali slojevi deponovani sa najvećom jačinom električne struje od 700A. Za sve deponovane prevlake dobijene su vrednosti makrotvrdoće u granicama propisanim od proizvođača praha.

Zatezne čvrstoće spoja za sistem prevlaka NiAl / Ni-grafit su u direktnoj zavisnosti jačine struje (slika 3). Svi sistemi prevlaka su imali dobre vrednosti zatezne čvrstoće spoja koje proizilaze iz egzotermne reakcije Al i Ni koja se dešava za vreme depozicije praha Ni obloženog sa Al. Egzoterna reakcija omogućuje da se dobije dobra adhezionna čvrstoća sa supstratom i dobra među lamelarna kohezionna čvrstoća. Prevlake deponovane sa najvećom jačinom struje imaju veću zateznu čvrstoću spoja 40 MPa i 42 MPa, a prevlake deponovane sa najmanjom jačinom struje imaju najmanju zateznu čvrstoću spoja 30 MPa i 32 MPa. Za sve prevlake se prelom dešavao duž granice između supstrata i veznog sloja. To znači da je dobra veza između NiAl i Ni-grafit slojeva kao i kohezionna čvrstoća Ni-grafit prevlaka.

Vezni slojevi NiAl su deponovani uniformno bez prekida na supstratima. U strukturi NiAl slojevima se ne uočavaju neistopljene čestice praha. Na mikrofotografijama se u manjem udelu uočavaju precipitati sfernog oblika koji su posledica sudara istopljenih čestica praha sa supstratom. U trenutku sudara istopljena čestica se na krajevima odlama i ostaje kao talog u prevlaci. Kroz slojeve se u manjem udelu uočavaju sferne i inter lamelarne pore. Struktura veznih prevlaka je lamelarna i sastoji se od čvrstog rastvora nikla α - Ni svetlo sive boje. U osnovi čvrstog rastvora jasno se uočavaju tanki oksidni filmovi NiO i α -Al₂O₃.

formirani između lamela osnove koji potiču od oksidacije Ni i Al u procesu očvršćavanja i hlađenja komprimovanim vazduhom.

Ni-grafit slojevi su ravnomerno deponovani na veznim slojevima sa mrežom nikla u prevlaci. Na mikrofotografijama 4 i 5. mreže Ni su svetlo sive boje obeležene strelicama crne boje. Čestice Ni su dobro istopljene i međusobno povezane koje čine osnovu Ni-grafit prevlaka. Mreže Ni su pokazatelj da su se čestice praha ravnomerno topile i pravilno deponovale u slojevima prevlaka. Između deponovanih Ni čestica prisutne su čestice grafita crne boje obeležene belim strelicama. U mikrostrukтури se uočavaju grafitne čestice koje su zadržale morfologiju pre depozicije. To je pokazatelj da u procesu depozicije nije došlo do sagorevanja grafita. Čestice grafita su okružene i zatvorene česticama Ni koje onemogućuju ispadanje grafita koji ima funkciju čvrstog sredstva za podmazivanje i koji u kontaktu sa lopaticama kompresora usled trenja brzo odvodi toplotu što znatno smanjuje unošenje napona u prevlakama.

Na slikama 6 i 7. su prikazane mikrostrukture slojeva Ni-25% grafit i Ni-15% grafit prevlaka bez veznih slojeva deponovanih sa jačinom električne struje od 700A koji su pokazali najbolje mehaničke i strukturne karakteristike. Na mikrofotografiji 6. se vidi mreža Ni svetlo sive boje koja je zbog većeg sadržaja Ni izraženija u odnosu na mikrostrukтуру prevlake sa manjim sadržajem Ni prikazane na slici 7.

U Ni-grafit slojevima nisu prisutne nestopljene čestice Ni i mikro pukotine. U slojevima je prisutan grafit sa malim udelima pora. Metalna osnova Ni koja prevlakama daje čvrstoću, žilavost, otpornost na oksidaciju, koroziju i eroziju ima dobru među lamelarnu vezu. Grafit kao čvrsto mazivo i sredstvo za kontrolu poroznosti je ravnomerno raspoređen u slojevima prevlaka. Okružen je i zatvoren metalnom osnovom Ni što je veoma bitno jer grafit povećava otpornost prevlake na termičke šokove koji je jedan od ključnih kriterijuma koje Ni-grafit zaptivne prevlake moraju da zadovolje u eksploataciji.

Na slici 8. je prikazana mikrofotografija morfologije loma Ni-25% grafit slojeva deponovanih sa 700A. Na prelomu se vidi morfologija loma Ni koji se sastoji od čvrstog rastvora α -Ni. Prelom je žilav i u mikrostrukтури preloma se ne uočavaju čestice grafita zbog slabe adhezije sa česticama α -Ni. Sila veze između lamela Ni i grafita je slaba zbog različitog tipa veze materijala. Grafit je mek i nemetalni materijal. Atomi ugljenika u grafitu su raspoređeni u temenima pravilnih šestouglova koji obrazuju slojeve. Svaki atom ugljenika, u okviru jednog sloja, okružen je sa tri najbliža suseda, između kojih postoje kovalentne veze. Između slojeva deluju slabe Van der Waalsove sile. Usled svoje slojevite strukture, pod dejstvom sile lako se cepa duž slojeva. Slaba veza između čestica grafita i metalnih zrna α -Ni uzrokovala je pri lomu cepanje grafita i ispadanje iz osnove. Na mikrofotografiji se jasno vide prazna mesta u osnovi α -Ni koja su bila ispunjena grafitom. Čestice α -Ni su očvršćavanjem formirale strukтуру prevlake oblika neprekidne mreže koja zatvara čestice grafita, što u eksploataciji smanjuje eroziju prevlake, prenos prevlake na lopatice i sprečava odlamanje prevlake.

Zaključak

Ispitivanja zaptivnih prevlaka Ni-25% grafit i Ni-15% grafit u sistemu sa veznom prevlakom NiAl su pokazala da jačinama električne struje utiče na mehaničke karakteristike i strukture deponovanih slojeva Ni-grafita.

Vezni slojevi NiAl su homogeni, gusti i sastoje se od α -Ni, NiO i α -Al₂O₃. Vrednosti mikrotvrdoće veznih slojeva NiAl su bile iznad vrednosti propisanih standardom što ukazuje na potpunu reakciju čestica Al i Ni. Veza NiAl sa Ni grafit prevlakama je dobra što su potvrdila ispitivanja zatezne čvrstoće spoja.

Za Ni-grafit prevlake, slojevi deponovani sa najvećom jačinom struje su imali najveće vrednosti makrotvrdoće. Vrednosti makrotvrdoće za Ni-25% grafit i Ni-15% grafit su bile u propisanim granicama.

Zatezna čvrstoća spoja Ni-grafit prevlaka u sistemu sa veznom prevlakom u direktnoj je vezi sa jačinom električne struje. Slojevi deponovani sa najvećom jačinom struje su imali najveće vrednosti zatezne čvrstoće spoja.

Kvalitativna analiza Ni-grafit slojeva na poprečnom preseku je pokazala da su prevlake ravnomerno i bez prekida deponovane na veznim slojevima. Na interfejsu nisu prisutne mikro i makro pukotine zbog čega prevlake imaju dobru adheziju sa veznim slojevima.

Mikrostrukture Ni-25% grafit i Ni-15% grafit su pokazale uniformnu strukturu po celoj dužini uzoraka. Osnova Ni-grafit prevlaka se sastoji od α -Ni čvrstog rastvora koja ima kontinualnu mrežu. Mikrostruktura α -Ni je svetlo sive boje a grafita crne boje. Čestice grafita su okružene i zatvorene lamelama čvrstog rastvora nikla koje onemogućuju ispadanje čestica grafita u eksploataciji.

Ni-grafit slojevi deponovani sa najvećom jačinom struje su zbog većeg toplotnog sadržaja mlaza plazme pokazale veće vrednosti mehaničkih karakteristika koje su u saglasnosti sa mikrostrukturama.

Prikazani rezultati ukazuju da se sa jačinom električne struje može uticati na mehaničke karakteristike i strukture Ni-grafit slojeva.

Primena Ni-grafit prevlaka kao novog sistema zaptivanja na delovima kompresora niskog i visokog pritiska motora TV2-117A obezbedila je maksimalan protok vazduha temperature od 100–125°C kroz kompresor pod pritiskom od 7 bara uz smanjenu potrošnju goriva.

Ključne reči: atmosferski plazma sprej postupak (APS), zaptivanje, mikrostruktura, interfejs, mikrotvrdoća, makrotvrdoća, čvrstoća spoja.

Datum prijema članka/Paper received on: 20. 02. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 05. 03. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 07. 03. 2012.

KRITIČNI MATERIJALI U DVADESET PRVOM VEKU

Srećko R. Stopić, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, RWTH Aachen University, Aachen, Germany

DOI: 10. 5937/vojtehg61-1762

OBLAST: materijali

VRSTA ČLANKA: pregledni članak

Sažetak:

Kritični materijali predstavljaju uglavnom metale koji imaju veliki značaj za budućnost privrede evropskih zemalja. Ove metale teško je zameniti nekim drugima. Zbog izuzetne primene raste potražnja za njima, a proizvodnja ne može da prati uvećanu potrošnju. Elementi „retke zemlje“ pripadaju kritičnim metalima. Oni sadrže 17 hemijskih elemenata, koji su usled njihove mineraloške strukture slični u pogledu njihovih hemijskih i fizičkih karakteristika (najpoznatiji od njih su lantan i torijum, koji je radioaktivan). Metali retkih zemalja podeljeni su u grupe elemenata sa nižom atomskom masom i one elemente sa višom atomskom masom. „Teži“ elementi pokazuju manje prisustvo u gornjim delovima Zemljine kore. U 2010. udeo proizvodnje u globalnoj svetskoj proizvodnji u Kini iznosio je 97%, što predstavlja jednu vrstu monopola. U različitim studijama mešaju se termini strateški i kritični materijali. Strateški materijali su bitni za vojnu industriju jedne zemlje (nikal), a kritični materijali za privredu zemalja u Evropi (platinski metali, retke zemlje, kobalt). Evropska komisija pripremila je strategiju razvoja u pogledu na kritične materijale za sledećih dvadeset godina.

Ključne reči: kritični metali, elementi „retke zemlje“, recikliranje, ekstrakcija, hidrometalurgija.

Uvod

Za razvoj Evropske industrije su neophodni razni minerali. Nažalost rezerve minerala su smanjene, a zahtevi za njima su povećani. Ova tendencija će se nastaviti u sledećih dvadeset godina. Kao odgovor na smanjivanje prisustva nekih važnih minerala na globalnom tržištu Evropska komi-

* ZAHVALNICA: Rad je nastao u znak sećanja na prof. Bratimira Đurkovića, koji je predavao Metalurgiju retkih metala na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu, i čija je knjiga, „Metalurgija retkih metala“, objavljena 1991, i dalje aktuelna, i pomaže svima nama koji se bavimo ovom interesantnom problematikom.

sija u Briselu je predložila strategiju „Evropa 2020“ u cilju poboljšanja efikasnosti korišćenja sirovina i snabdevanja za Evropske zemlje. Specijalni konkurs Evropske komisije za istraživanja je raspisan u 2011 sa temama „Novi prilazi procesiranju minerala u skladu sa zaštitom životne sredine“ i „Zamena kritičnih sirovina: povezivanje, specifikacija potreba za istraživanjem, razvojem i prioritetima“ (FP/NMP Working Document, 2012). Problem u snabdevanju sirovinama je eskalirao, pa su u martu 2012 Evropska Unija, Japan i Amerika optužile Kinu kod Svetske organizacije za posredovanje u Gentu da ne postupa korektno u korišćenju elemenata retkih zemalja (skandium, lantan, i prometium), koji se koriste u industriji kompjutera i telekomunikacija (Seltene Erden: EU verklagt China, 2012). Poznato je da Kina raspolaže sa oko 30% ukupnih svetskih resursa retkih zemalja, a da ima oko 97% svetske proizvodnje (Aus dem Ruder gelaufen, Sekundärrohstoffe, 2011). Cilj ovog rada je da blize predstavi problem kritičnih materijala, koji će u budućnosti najviše pogoditi Evropske zemlje. Kritični metali predstavljaju materijale, koje je teško zameniti neki drugim metalima, i reciklirati iz sekundarnih sirovina, a potreba za ovim metalima je u neprekidnom porastu. Borba za sirovine (Kampf um Rohstoffe, 2006), a posebno kritične metale je nešto sto odavno traje. Iako je mnogo vazna tema „kritičnih materijala“, malo je raspoloživih informacija.

Metalurgija „retkih“ elemenata

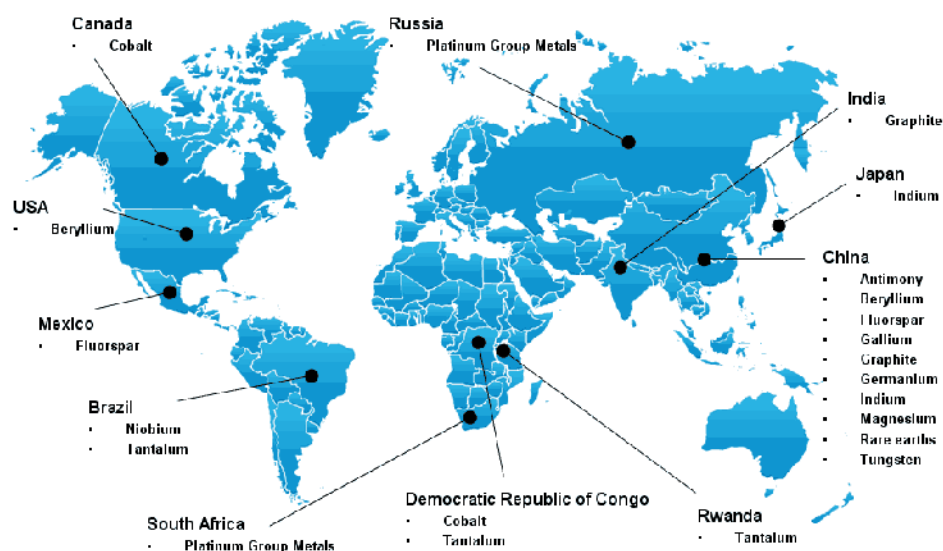
Dobijanje „retkih“ elemenata je oduvek pobuđivalo interesovanje naučnika. Devedesetih godina Dragica i Bratimir Đurković su u knjizi: „Metalurgija retkih zemalja“ ukazali na značaj i izvršili sistematizaciju retkih elemenata (Djurkovic, 1991, p. 465). Najviše eksperimentalnih istraživanja Đurković je imao na bazi zonalne rafinacije germanijuma i dobijanja teško topivih metala volframa i molibdena iz njihovih sirovina, što je opisano u njegovoj knjizi „Metalurgija retkih metala“. U ovoj knjizi u 17 poglavlja na 465 strana su opisane osnovne osobine metala, kao i pojava i klasifikacija retkih metala, osnovni procesi i metodi u metalurgiji retkih metala, a onda pojedinačno dobijanje teško topivih metala (volfram, molibden) i metala retkih zemalja (indijum,...).

Tabela 1 – Sistematizacija retkih elemenata (Djurkovic, 1991)
Table 1 – Systematization of the rare elements (Djurkovic, 1991)

Grupa periodnog sistema elemenata	Elementi	Grupa elemenata po tehničkoj klasifikaciji
I II	Litijum, rubidijum, cezijum, berilijum	Laki
IV V VI VII	Titan, cirkonijum, hafnijum, vanadijum, niobijum, tantal, molibden, renijum	Teško topivi

Istraživanje rezervi i potreba za kritičnim materijalima je pokazalo da proizvodnja materijala u nekim zemljama, kao i nemogućnost njihovog recikliranja i zamene, dovodi do velikog rizika za njihovim snabdevanjem u budućnosti i u sledećoj tabeli predstavljenoj od strane radne grupe Evropske Unije se nalaze ispitivani elementi (Critical raw materials for the EU, 2010).

Y-osa predstavlja pozicioniranje metala u pogledu na rizik njihovog snabdevanja. Posto je proizvodnja materijala u nekim zemljama povezana sa političkom i ekonomskom nestabilnošću, a takođe sa niskim stepenom recikliranja i mogućnosti da budu zamenjeni, sve ovo rezultira u visokom riziku snabdevanja. Rezultati su rangirani od vrlo niskog (za titan) do vrlo visokog rizika (za elemente retkih zemalja). Izdvojene su tri grupe od različitog značaja. Zbog velikog ekonomskog značaja i postojećeg rizika budućeg snabdevanja sledeći materijali su ubrojani u takozvane „kritične materijale“: elementi retkih zemalja (grupa lantanida, itrijum, skandijum), platinska grupa metala, germanijum, galijum, niobijum, magnezijum, antimon, indijum, volfram, kobalt, tantal, grafit, fluoriti. Visok rizik za snabdevanje ovih metala je usled činjenice da glavni deo njihove proizvodnje potiče iz Kine (antimon, fluoriti, galijum, germanijum, grafit, indijum, magnezijum, elementi retkih zemalja, volfram), Rusije (platinska grupa metala), Demokratske Republike Kongo (kobalt, tantal) i Brazila (niobijum i tantal). U ovo razmatranje se uključuju i mala mogućnost recikliranja ovih metala, kao i pronalaženje pogodnih elemenata, koji mogu njih da zamene.



Slika 2 – Proizvodnja kritičnih materijala (Critical raw materials for the EU, 2010)
Figure 2 – Production of critical materials (Critical raw materials for the EU, 2010)

Grupa materijala predstavljena na slici 1 u desnom uglu označava materijale sa visokim ekonomskim značajem, ali je znatno nizi rizik snabdevanja (renijum, magnezit, hrom, vanadijum, telur, molibden, mangan, cink, nikal, železo, cink, aluminijum, boksit). Ipak ova podela nije stroga, jer pod određenim uslovima elementi, kao što su renijum i telur, mogu da se lako nađu u grupi kritičnih metala (veliki ekonomski značaj zbog primene, a raste rizik za dalje redovno snabdevanje). Materijali koji su pozicionirani u subklasteru na levoj strani su materijali, koji nisu od velikog ekonomskog značaja, a i rizik za njihovim snabdevanjem je nizak (srebro, titan, litijum, gips, bakar, bentonit, silicijum oksid,...). U evropskoj studiji (Critical raw materials for the EU, 2010) su predstavljeni i globalni zahtevi za tehnologije i sirovine kritičnih metala, što je predstavljeno u tabeli 2.

Tabela 2 – Globalni zahtev za tehnologije i sirovine kritičnih metala
(Critical raw materials for the EU, 2010)
Table 2 – Global demand for the technologies/ raw materials of critical metals
(Critical raw materials for the EU, 2010)

Raw material	Production 2006 (t)	Demand for emerging technologies 2006 (t)	Demand for emerging technologies 2030 (t)
Ga	152	28	603
In	581	234	1.911
Ge	100	28	220
Nd	16.800	4.000	27.900
Platinum (PGM)	255	very small	345
Ta	1.384	551	1.410
Ag	19.051	5.342	15.823
Co	62.279	12.820	26.860
Pd (PGM)	267	23	77
Ti	7.211.000 2)	15.397	58.148
Cu	15.093.000	1.410.000	3.696.070

Dobijeni rezultati pokazuju da će potrebe za kritičnim materijalima do 2030. biti uvećane i do osam puta.

Steinbach i saradnici (Steinbach, et al, 2011, pp. 213–216) su objasnili ciljeve Nemačke agencije za mineralne resurse, koja predstavlja centralni informacioni centar za dobijanje raznih informacija o sirovinama i konsultacije

u vezi metala, minerala energetskih resursa. Poseban deo rada je posvećen analizi kritičnih metala, i analizi postojeće proizvodnje u Nemačkoj, kao i zavisnost proizvodnje od uvoza. Mnogi planirani projekti su povezani sa kompanijama u nemačkoj industriji, kao i stranim partnerima.

Drnek (Drnek, 2011, pp. 31–35) je obrazložio strategiju Evropske Komisije preko Inicijative o mineralnim sirovinama zasnovanu na tri važna principa:

1. Osigurati posten pristup sirovinama na Evropskom tržištu.
2. Planirano održivo snabdevanje sirovinama iz izvora u evropskim zemljama.
3. Uvećanje efikasnosti postojećeg dobijanja i promovisanje recikliranja metala.

Elementi retkih zemalja REE

Elemente retkih zemalja čini 17 elemenata, od kojih 15 elemenata pripadaju grupi lantanida, a uz njih dolaze još itrijum i skandijum. Međusobno razdvajanje i selektivno dobijanje lantanoida najviše komplikuje činjenica da su oni hemijski veoma slični. Zato je potrebno pronaći pogodan hemijski proces za razdvajanje različitih lantanoida, ne samo od drugih metala, već i od metala iste grupe. Za dobijanje elemenata retkih zemalja se obično koristi mineral monazite – La (La, Ce, Nd, Pr)PO₄. Nienhaus i saradnici (Nienhaus, et al, 2012., pp. 126–131) su razmatrali uticaj razvoja tržišta elemenata retkih zemalja na ekonomiju zemalja i zaštitu životne sredine. Povećano interesovanje za ovim elementima je korišćenje ovih elemenata u svakodnevnom životu i u nekim proizvodima. Cene ovih elemenata su znatno porasle i u martu 2011. su imale sledeće vrednosti:

Tabela 3 – Cene izabranih elemenata retkih zemalja (Mart 2011) i njihova primena

Table 3 – Prices of selected rare earth elements (March 2011) and a list of their applications

Element	Price (USD/kg)	Use
Lanthanum	91	Hybrid engines, metal alloys
Cerium	91	Auto catalyst, petroleum refining, metal alloys
Praseodymium	136	Magnets
Neodymium	147	Auto catalyst, petroleum refining, hard drives in laptops, headphones, hybrid engines
Samarium	91	magnets
Europium	91	Red colour for television and computer screens
Gadolinium	98	magnets
Terbium	740	Phosphorus, C
Dysprosium	450	Permanent magnets, hybrid engines
Yttrium	106	red color, fluorescent lamps, ceramics, metal alloy agent

U pogledu na statistiku u Kini ukupni zahtevi u 2009. su iznosili oko 73 hiljade tona oksida elemenata retkih zemalja, pri čemu je proizvodnja iznosila oko 58%. Primena elemenata retkih zemalja je prisutna u keramici, permanentnim magnetima, katalizatorima, kao i legurama izuzetnih svojstava i fosforoscentnim materijalima. Za turbine, koje koriste snagu vetra za proizvodnju električne energije potrebni su oksidi retkih zemalja, a posebno neodijum.

Castor i Hedrick (Castor, Hedrick, 2003, pp. 769–792) su opisali istoriju proizvodnje elemenata retkih zemalja, njihove minerale, geološka nalazišta, a posebno pripremu mineralnih sirovina, kao i njihovo procesiranje nakon obogaćivanja magnetnom separacijom i gravitacionim tehnikama. Rastvaranje minerala monacita obično se vrši korišćenjem koncentrovanih baza na 140°C and 150°C. Posle hlađenja hidroksidi elemenata retkih zemalja su filtrirani, a torijum je odvajanje rastvaranjem i selektivnom precipitacijom. Monacit je tretiran rastvorima sumporne kiseline na 150°C i daljim rastvaranjem sa vodom da ukloni fosfate. Selektivna precipitacija je takođe vršena u cilju odvajanja torijuma,

Humpries (Humpries, 2010) je pripremio izveštaj za globalne lance snabdevanja elementima retkih zemalja u Americi. On je istakao da ne postoji rudarska proizvodnja elemenata retkih zemalja u Americi. Postoje ovi elementi koriste u proizvodnji raznih komunikacionih sistema, zemaljski navođenih satelita sa Zemlje, antiraketnih sistema, vrlo je bitno analizirati njihovo snabdevanje u budućnosti. On smatra da će potrošnja za permanentnim magnetima na bazi neodijuma porasti od 10 do 16 procenata u 2012, a u katalizi u automobilske i petrohemijske industriji od 6 do 8% u svakoj godini.

Korišćenje oksida retkih zemalja je povezano sa problemima njihove radioaktivnosti, jer torijum prati nalazišta ovih metala. Bastnaesite, je posle monacita, drugi važni izvor retkih zemalja, i predstavlja uglavnom fluorkarbonat od lakih elemenata retkih zemalja, koji sadrži od 0.1 do 0.3 masenih procenata torijuma (Zhang, et al, 2004, pp. 217–221). Obično je ovaj mineral tretiran kalcinacijom i daljim rastvaranjem sa mineralnim kiselinama ili samo direktnim tretiranjem sa kiselinama, imajući u vidu da se torijum koncentriše u otpadnim vodama i šljaki, i to u koncentracijama većim od propisanim. Goldschmidt proces za tretiranje bastnaesite se izvodi između 1000°C and 1200°C hlorovanjem sa gasovitim hlorom i korišćenjem ugljenika kao redukcionog sredstva. Torijum se sakuplja kao gasoviti produkt.

Osnovni procesi i metode u metalurgiji retkih metala

U procese dobijanja metala se ubrajaju razne metode, koje predstavljaju hemijsko-metalurške procese, kojima se podvrgava metalonosna sirovina, sa glavnim ciljem da se korisne komponente prisutne u njoj odvoje od osnovne mase jalovine i prevedu u oblik pogodan za dalju preradu do metala, ili mešavine raznih metala, koji se dalje koristi u razne metalurške svrhe.

Procesi pripreme mineralnih sirovina obuhvataju uglavnom usitnjavanje, flotaciju, magnetnu separaciju u cilju obogaćivanja sirovine. Dalja prerada obuhvata pirometalurški tretman (topljenje polaznih sirovina sa odgovarajućima solima i selektivno isparavanje i sublimaciju) i hidrometalurški tretman (luženje pri atmosferskom i visokom pritisku u autoklavu), (Stopić, Friedrich, 2011, pp. 29–44), (Stopić, 2011, pp. 282–293).

Dalje prečišćavanje rastvora i njegovo obogaćivanje se vrši procesima jonske izmene i ekstrakcije organskim rastvaračima. Na kraju dobijanja metala iz vodenih rastvora korisnih komponenata se vrši postupcima kristalizacije, hemijskog taloženja, cementacije i redukcije vodonikom ili nekim drugim gasovitim reducentom. U zavisnosti od primenjenog postupka definišu se karakteristike dobijenih metalnih prahova. U najvećem broju dobijanja metala radi se o kombinovanju raznih procesa i operacija, koje obrazuju nove tehnologije. Prilikom gore navedenog tretmana nastaju i razni međuprodukti (obično čvrst ostatak), koji sadrže i mali deo kritičnih metala (indijum, germanijum, galijum), pa se dalje tretira u cilju njihovog dobijanja.

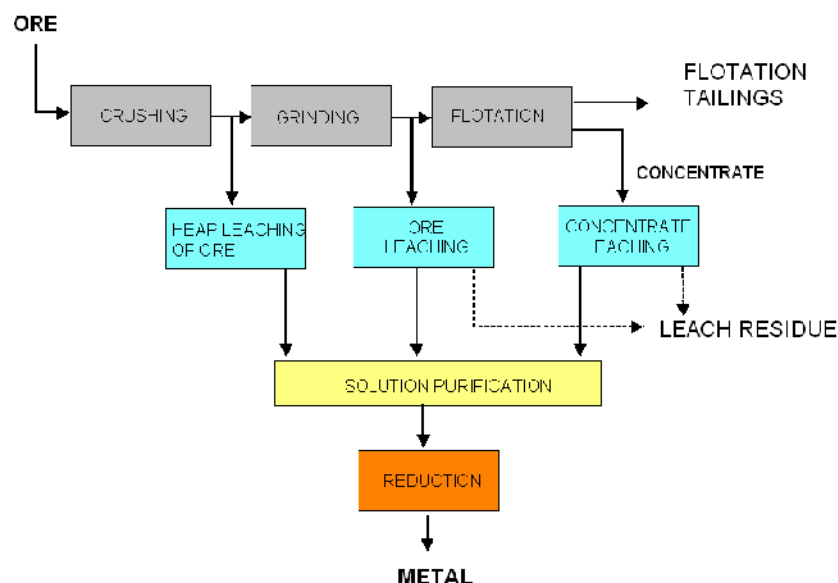


Figure 3 – From ore to metal using metallurgical processes (Knuutila, 2009, p.142)

Slika 3 – Dobijanje metala iz rude korišćenjem metalurških procesa (Knuutila, 2009, p.142)

Metalurgija indijuma

Indijum pripada grupi lakotopivih elemenata retkih zemalja, čijim davanjem se povećava čvrstoća, tvrdoća, i koroziona otpornost legura. Najveći proizvođači indijuma se nalaze u Belgiji, Kanadi, Rusiji, Francu-

skoj i Japanu. Koristi se za prevlake na metalima radi zaštite od korozije odgovornih delova izloženih teškim radnim uslovima, u poluprovodničkoj tehnici za izradu dioda. Javlja se kao međuprodukt nakon pirometalurškog i hidrometalurškog tretmana sulfidnih sirovina (Alfantazi, Moskalyk, 2003, pp. 687–694). Indijum može biti pridružen i sa drugim korisnim metalima, kao što su vanadijum, talijum, galijum, germanijum, ali i kadmijum. Prevlake indijuma se nanose elektrolitičkim putem na površinu.

Metalurgija itrijuma

Itrijumova jedinjenja se primenjuju u mnogim područjima. Posebno se koristi za proizvodnju superprovodnika, u superlegurama nikla i kobalta, kao i za gorivne ćelije čvrstih oksida. Itrijum oksid ima visoku tačku topljenja, i njegovo korišćenje je posebno prisutno u keramici. Jedinjenja itrijuma se koriste takođe kao katalizatori. Porast industrijskih primena elemenata retkih zemalja vodi ka potrebi pronalaženja tehnologija za dobijanje retkih zemalja. Selektivno rastvaranje itrijuma od lantana i drugih elemenata se vrši korišćenjem amonijum-karbonata (Vasconcellos, 2006, pp. 200–203).

Zaključak

Evropska komisija je u 2010. procenila 14 elemenata, koji će biti od izuzetnog značaja za privredu u evropskim zemljama u budućih 20 godina, i nazvala ih kritičnim metalima. To su elementi retkih zemalja (grupa lantanida, itrijum, skandijum), platinska grupa metala, germanijum, galijum, niobijum, magnezijum, antimon, indijum, volfram, kobalt, tantal, grafit, fluorite. Elementi retkih zemalja imaju retka magnetna svojstva, otporni su na toplotu i svetle u mraku, pri čemu se primenjuju u proizvodnji efikasnih magneta, fosfora, optičkih materijala, delova za baterije, keramiku i specijalne abrazivne praškove. Zbog izuzetne primene za turbine, koje koriste energiju vetra, katalizatore za automobilsku industriju, motore za električna i hibridna vozila, ravne ekrane sočiva za kamere, industrijske baterije, medicinsku opremu, njihov značaj je porastao, pa se postavlja pitanje njihovog stalnog snabdevanja. Oko 90% legura elemenata retkih zemalja proizvodi se u Kini. Kina je postepeno uvodila restrikcije na izvoz lantanida tako što je povećavala takse za izvoz i drastično smanjivala izvozne kvote što se odrazilo na rast cena ovih retkih sirovina. To je izazvalo proteste u evropskim zemljama i Americi. Cena po kojoj Kina prodaje elemente retkih zemalja izvozniciima u Evropi je mnogo veća u poređenju sa cenama za domaće proizvođače. Različit spektar metalurških procesa preko pirometalurških i hidrometalurških procesa nudi razne mogućnosti da se selektivno dobiju elementi retkih zemalja.

References

- Alfantazi, A., Moskalyk, R., (2003), Processing of indium: a review, *Minerals Engineering*, pp. 687–694.
- Castor, S., Hedrick, J., (2003), Rare earth elements, *Industrial Minerals and Rocks*, pp. 769–792.
- Djurkovic, B., Djurkovic, D., (1991), *Metalurgija retkih metala*, Izdavač: Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu, p. 465.
- Drnek, T., (2011), European Union policy approaches to secure raw materials availability, *RHI Bulletin*, 2, pp. 31–35.
- Humpries, M., (2010), *Rare Earth Elements: The global supply chain*, Congressional Research Service Report, 15.
- Knuutila, K., (2009): The Role of Hydrometallurgy in the winning of Non-Ferrous Metals, *World of Metallurgy-ERZMETALL* 62, 3, p.142.
- Nienhaus, K., Mavroudis, F., Pankert, M., (2012), Economic and environmental consequences of the global rare earth market development, *Erzmetall-World of metallurgy*, 65, 2, pp. 126–131.
- Steinbach, V., Graupner, T., Klimesch, L., Wilkend, H., (2011), Deutsche Rohstoffagentur- DERA, Tasks and goals of the German Mineral Resources Agency- Economic and environmental consequences of the global rare earth market development, *Erzmetall-World of metallurgy*, 65, 64, 4, pp. 213–216.
- Stopić, S., Friedrich, B., (2011), Hidrometalurgija pri visokim pritiscima – nova šansa za procese koji ne zagađuju životnu sredinu, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol. 59, No. 3, pp. 29–44.
- Stopić, S., (2011), Šesta Evropska konferencija o metalurgiji EMC 2011, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, Vol 59, No.4, pp. 282–293.
- Vasconcellos, M et al., (2006): Enrichment of yttrium from rare earth concentrate by ammonium carbonate leaching and peroxide precipitation, *Journal of Alloys and Compounds*, 418, pp. 200–203.
- Zhang, L., Wang, Z., Tong, S., Lei, P., Zou, W., (2004): Rare extraction from Bastnaesite concentrate by stepwise carbochlorination- chemical vapour transport oxidation, *Metallurgical and Materials Transaction B*, 35 B, pp. 217–221.
- Aus dem Ruder gelaufen, *Sekundaerrohstoffe*, 6, 2011, pp. 21–24.
- Critical raw materials for the EU, Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials, EU-Commission, DG Enterprise and Industry, Brussels, 2010, p. 85.
- FP/NMP Working Document 2012, Theme 4, Nanosciences, Nanotechnologies, Materials and new production technologies.
- Kampf um Rohstoffe, *Spiegel*, Deutschland, 5, 2006.
- Seltene Erden: EU verklagt China, *Wirtschaft*, 63, 23 (14. 03. 2012).

CRITICAL MATERIALS IN THE 21 CENTURY

FIELD: Materials

ARTICLE TYPE: Review Paper

Abstract:

Critical materials represent mostly metals having a big importance for the future of the economy in the European countries. It is very difficult to replace these critical metals by other metals. Because of their wide application, the demand for these metals is increased, but the production cannot follow their growing consumption. Rare earth elements (REE) belong to critical materials. They include 17 elements, very similar in terms of their chemical and physical properties due to their mineralogical structure (the best-known are lanthanum and thorium, which is radioactive). REE are divided into elements with a lower atomic mass and elements with a higher atomic mass. Heavier metals show a significantly lower presence in the upper earth crust. In 2010, the share of the REE production in China in the global production amounted to 97%, constituting a near-monopoly in the world market. In different studies, the term „Strategic“ is often used instead „of „critical“ materials. The materials for military application are called „Strategic“ (nickel). In comparison to strategic metals, critical materials have a big importance for the national economies of European countries (platinum group of metals, rare earth elements, cobalt). The European Commission prepared a strategic development plan for critical materials in the next twenty years.

The rare earth elements

The rare earth elements include 15 elements (Z=57 through 71) and Yttrium (Z=39) and scandium. Because of their reactivity and similarity, the REEs were found to be difficult to obtain. Lanthanide elements with a low atomic number are generally more abundant in the earth crust than those with high atomic numbers. World demand for rare earth elements is estimated by Humphries (CRS Report for Congress) at 134.000 tons per year, with the global production of around 114.000 tons annually. Humphries has reported in 2010 that there is no rare earth mine production in the United States. The major uses for rare earth elements include applications in auto catalysts, petroleum refining, metal alloys, cell phones, portable DVDs, etc. Permanent magnets containing neodymium, gadolinium and dysprosium are used in numerous electrical components and generators for wind turbines. The primary defense application (underwater mine detection, satellite power and communication systems, radar systems, etc.) use new materials: Neodymium Iron Boron, Samarium Cobalt. REEs extraction from monazite is performed by dissolution in a hot concentrated base or acid solutions. After cooling, the hydroxides of REEs and thorium are recovered by filtration, and thorium is separated by dissolution and selective precipitation.

Metallurgy of indium

Indium belongs to the group of rare earth elements with a low melting point. Some addition of indium increases the strength, hardness and corrosion resistance of alloys. The most known producers are situated in Belgium, Canada, Russia, France and Japan. Indium is used as coating on metals applied in difficult operation conditions, and in semiconductor techniques for the production of diodes.

It is formed as a semi-product after pyrometallurgical and hydrometallurgical treatment of sulphidic raw materials. Indium can be used with other valuable metals such as vanadium, thallium, gallium, germanium, and cadmium. The coating process based on indium is performed by an electrolytic treatment on the surface.

Metallurgy of yttrium

Yttrium compounds found interesting application in many fields. In particular, yttrium is used in the manufacture of superconductors, in super alloys of nickel and cobalt, and solid oxide fuel cells. Yttrium oxide has a high melting point and is used in ceramics. The compounds of yttrium are also used as catalysts. The growing industrial application of the rare earth elements led to a growing interest in finding new technologies for their recoveries. The selective dissolution of yttrium from lanthanum is performed by ammonium carbonate leaching.

Conclusion

The EU Raw materials Initiative was decided to identify a list of critical raw materials at the EU level. The EU-report describes a selection of 41 minerals and metals. Then, 14 elements were chosen as critical materials for the economy of the European countries in the next twenty years. The future use of REEs is expected to be increased in the European countries. About 90% of metal alloys are produced in China. The price of rare earth elements is reduced for the consumers in China in comparison to some companies in the USA and Europe. Therefore, the European countries and the USA have protested against this situation. The selective winning of rare earth elements is the most important aim in the processing of raw materials. The combination of pyrometallurgical and hydrometallurgical methods might be a new way of solving this problem in the European countries.

Key words: Critical metals, rare earth elements, extraction, hydrometallurgy

Datum prijema članka/Paper received on: 01. 04. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 10. 05. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 12. 05. 2012.

KONTROLNE KARTE KAO SREDSTVO STATISTIČKE KONTROLE KVALITETA

Aleksandar Ž. Drenovac, 98. vazduhoplovna brigada,
98. vazduhoplovnotehnički bataljon, VP 5017 Lađevci,
Bratislav Ž. Drenovac, Centar za obuku i usavršavanje
podoficira, VP 1442 Pančevo,
Dušan M. Drenovac, Fakultet inženjerskih nauka,
Kragujevac

DOI: 10.5937/vojtehg61-2292

OBLAST: matematika, kontrola kvaliteta – statističke metode sa primenom u
specifičnim oblastima

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Primena statističkih metoda može u velikoj meri doprineti povećanju kvaliteta proizvoda i usluga, a samim tim i povećanju rejtinga ustanova. Definisanje optimalnih, odnosno upozoravajućih i graničnih vrednosti, zasnovano je na – statističkoj analizi uzoraka. Kontrolne karte predstavljaju veoma pouzdano, jednostavno za upotrebu i efikasno sredstvo kontrole procesa, kojim se proces stalno održava u zadatim okvirima. Kao takve, mogu naći veliku primenu u kontroli kvaliteta u procesima proizvodnje naoružanja i vojne opreme, u procesima održavanja tehničkih sistema, ali i u uspostavljanju standarda i podizanju nivoa kvaliteta za brojne druge aktivnosti.

Ključne reči: kontrola kvaliteta, statistička kontrola kvaliteta, statističke metode, kontrolne karte.

Uvod

Savremeno doba karakteriše izuzetno veliki i nagli porast značaja kvaliteta u proizvodnji i upotrebi proizvoda, kao i njegov uticaj na produktivnost i prihod proizvodnih organizacija. U tom smislu, osnovni ciljevi u svim procesima treba da budu poboljšanje kvaliteta, povećanje pro-

duktivnosti i smanjenje troškova, a kao preduslov za njihovo ostvarenje isticanje i prihvatanje važnosti kvaliteta (Stuart, et al, 1996, pp. 203–204). Takav pristup dovodi i do razvoja principa unapređenja kvaliteta, ali i svesti o značaju kvaliteta i kontroli kvaliteta, kao i metodama obezbeđenja kvaliteta proizvoda i usluga (Bakija, 1978, p. 26).

Imajući u vidu i sve veću konkurenciju na globalnim tržištima, kontrola kvaliteta se nameće kao nezaobilazan proces u svim institucijama, i predstavlja jedan od osnovnih činilaca koji utiču na podizanje rejtinga, a samim tim i na obezbeđenje bolje pozicije na tržištima širom sveta i povećanje produktivnosti. Kvalitet je tako, u suštinskom i organizacionom smislu, postao prvo-razredni činilac u međunarodnoj razmeni (Vulanović, et al., 2003, p. 61).

Kontrola kvaliteta, kao specifična oblast u proizvodnim sistemima i sistemima održavanja, u svetu se odavno nametnula kao nužan i nezaobilazan alat u svim procesima rada. Stoga, sve ozbiljne institucije imaju posebne sektore kontrole kvaliteta, zadužene za propisivanje, sprovođenje i kontrolu aktivnosti i rezultata, a sve radi dostizanja, održavanja i unapređenja standarda kvaliteta. U proizvodnim pogonima kvalitet se definiše kao stepen podudarnosti sa zahtevima datim u tehničkoj dokumentaciji ili nekom opštem standardu.

Sam pojam kvaliteta usko je povezan sa standardizacijom. Na međunarodnom nivou postoji više organizacija koje se bave standardizacijom, od kojih su najznačajnije ISO (International Organization for Standardization), koja je globalnog karaktera, kao i CEN (European Committee for Standardization- Evropski komitet za standardizaciju) na nivou Evropske unije. Jedna od tehničkih komisija u sastavu ISO nadležna je za standarde kvaliteta, koji su označeni kao ISO 9000 (Radojević, 1997, p. 24). Takođe, vrlo je značajno da „organizacije koje imaju sertifikovan standard ISO 9000 poznate su po svojoj doslednosti, pouzdanosti i dostižu reputaciju kroz primenu tog standarda“ (Karović, Komazec, 2010, pp. 146–161). Osim propisivanja određenih standarda i uvođenja sistema kvaliteta, veoma je važno i njegovo sistematsko sprovođenje (Lynch, 2012, pp. 64–68). Jedan od nezaobilaznih alata u unapređenju kvaliteta proizvoda jeste primena statističkih metoda. Odavno poznata činjenica jeste da statistika zauzima značajno mesto u procesima proizvodnje i održavanja, odnosno u kružnom ciklusu čiji su elementi razvoj, proizvodnja, prodaja i istraživanje.

Primenom statističkih metoda se, preciznim i jasno definisanim parametrima, postavljaju osnove za dosledno sprovođenje politike kvaliteta. Razvijene statističke metode predstavljaju pogodna sredstva za definisanje standarda proizvodnje i usluga, čijim se poštovanjem obezbeđuje visok nivo kvaliteta, a samim tim utiče i na krajnje rezultate poslovanja.

Povremena provera, poznata u industriji kao „leteća“ kontrola, jeste najjeftiniji način kontrole i može se primeniti tamo gde prethodni podaci pokazuju da je proces dovoljno stabilan i da ne treba očekivati česte pro-

mene u procesima. Stoga, kad je potrebno pratiti izrazito važne karakteristike kvaliteta u procesima koji ne pokazuju potpunu stabilnost, upotreba kontrolnih karata je najekonomičnija.

Vojna industrija Srbije se novim proizvodima može predstaviti mnogim zainteresovanim stranama na različitim tržištima, a statistička kontrola kvaliteta može predstavljati odskočnu dasku koja će obezbediti prepoznatljivost kvaliteta naših proizvoda, kao konkurentsku prednost. Isto tako, statistička kontrola kvaliteta može naći veliku primenu i u procesima održavanja, snabdevanja i ostalim logističkim funkcijama.

Pojava statističkih metoda u kontroli kvaliteta

Statistika kao nauka o podacima i statističke metode kao oblast kvantitativnih metoda našli su veliku primenu u industrijskoj praksi, a naročito u kontroli kvaliteta. Prvi teorijski radovi i praktični pokušaji primene matematičke statistike i kontrole kvaliteta datiraju još iz 1923. godine, kada je Volter Šjuart iz *Bell Telephone Laboratories* iz SAD dao skicu prve kontrolne karte, a na osnovu njegovih rezultata su nešto kasnije Harold Dodž i Hari Romig započeli radove na izradi metoda za uzimanje uzoraka pri preuzimanju serija. Nakon ovih radova sledili su brojni radovi u mnogim zemljama sveta. Pojedine metode izrađene su za vlastitu upotrebu većih preduzeća, dok su, sa druge strane, američki vojni standardi MIL-STD (Military Standard) prihvaćeni u opštoj upotrebi i postali sastavni deo nacionalnih standarda mnogih zemalja. Međutim, značajnija primena statističkih metoda javlja se tek u industriji SAD za vreme Drugog svetskog rata.

Ozbiljniji pristup kontroli kvaliteta započinje u Japanu 1950. godine, kada je i osnovan pododbor za kontrolu kvaliteta pri Udruženju japanskih naučnika i inženjera. Približno u isto vreme je i Japansko društvo za standarde počelo da organizuje seminare o kontroli kvaliteta statističkim metodama, a iste godine na njihov poziv se za podučavanje japanskih stručnjaka kontroli kvaliteta statistikom angažuje i Vilijem Edvards Deming, istaknuti američki stručnjak iz oblasti (statističkog) unapređenja kvaliteta.

Generalno, praćenje svakog faktora koji utiče na kvalitet i uočavanje pojedinačnih slučajeva nije cilj statističkih metoda unapređenja kvaliteta. Ovim načinom praćenja zahvata se ukupno stanje i kretanje kvaliteta proizvoda u celini, i u slučaju potrebe može se intervenisati na neke posebne pojave, sa posebnim težištem na analizi procesa i sprovođenja korektivnih mera.

Zahvaljujući statističkom gledanju na kvalitet, i pored utvrđenih granica (tolerancija) za neku karakteristiku kvaliteta, postoji i dozvoljeni procenat jedinica proizvoda koje mogu prekoračiti ove granice. Isto tako, određuje se i utvrđuje verovatnoća tačnosti ispitanih karakteristika kvaliteta.

Statističke metode i tehnike unapređenja kvaliteta podrazumevaju prikupljene podatke, pri čemu se stvara dokumentovana osnova za dalje analize. Registrovanjem podataka stvara se i objektivniji i odgovorniji odnos izvršilaca prema svom poslu. Posebno, adekvatnom implementacijom rezultata statističkih analiza stvaraju se adekvatni preduslovi za usmeravanje procesa u željenom smeru, tj. za proizvodnju u skladu sa planovima, odnosno sa zahtevima tržišta ili kupca.

Poznati koncepti upravljanja totalnim kvalitetom upućuju na značaj korišćenja statističkih metoda kontrole kvaliteta u čitavom životnom veku proizvoda, sa preporukom da se inženjerske metode kombinuju i primenjuju zajedno sa statističkim, kao deo ukupnog sistema projektovanja proizvoda i procesa za kvalitet (Majstorović, 2012).

Primena odgovarajućih metoda kontrole kvaliteta obezbeđuje sigurnost i zaštitu od neželjenih produkata, a u isto vreme služi kao sredstvo za identifikaciju rizika, odnosno privremeno zaustavljanje procesa do otklanjanja uzroka poremećaja.

Statističke osnove kontrolnih karata

Kod praćenja bilo koje karakteristike kvaliteta, kao statističke veličine, dobijaju se razne vrednosti koje imaju svoju distribuciju (raspodelu). Kada govorimo o kontinuiranim statističkim skupovima, kod kojih posmatrano obeležje (karakteristika kvaliteta) može poprimiti bilo koju vrednost unutar nekog intervala, onda kvalitet ocenjujemo pomoću merenih veličina, čije vrednosti zavise samo od preciznosti memog instrumenta.

Rezultati podataka dobijeni pomoću memih veličina u praksi najčešće pokazuju gomilanje oko neke srednje vrednosti, sa sve manje podataka udaljavanjem od te sredine. Empirijske raspodele učestalosti podataka često pokazuju tendencije koje upućuju na normalnu, Gausovu raspodelu, pa ona u velikom broju slučajeva predstavlja teoretsku osnovu statističkih metoda u praksi. Takođe, veliki broj slučajnih promenljivih ima aproksimativno normalan raspored (Ivković, 1992, p. 17). Ono što se i javlja u procesu proizvodnje jesu upravo obeležja koja variraju pod delovanjem slučajnih uzroka, što predstavlja prirodno rasipanje obeležja procesa, pa se lako mogu izračunati granice slučajnih rasipanja određenih parametara.

Za slučajnu promenljivu kažemo da je distribuirana po zakonu normalne ili Gausove raspodele ako je područje njenih vrednosti od $-\infty$ do $+\infty$, a funkcija verovatnoće data izrazom:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

Odavde se može lako zaključiti da je normalna raspodela određena parametrima aritmetičke sredine i standardnog odstupanja.

U standardizovanom obliku dobijamo da je:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z^2} \quad (2)$$

Standardizacijom slučajne promenljive (z) vrši se standardizacija svake realizovane vrednosti, čime za svaku vrednost (x) dobijamo meru njenog odstupanja od srednje vrednosti (μ) u odnosu na standardnu devijaciju populacije σ . Iz izraza $z \cdot \sigma = x - \mu$ dolazimo do zaključka da nam standardizovana vrednost slučajne promenljive zapravo pokazuje njenu udaljenost od srednje vrednosti, izraženu u standardnim devijacijama σ . Drugim rečima, to bi značilo da će $z=3$ značiti da je realizovana vrednost promenljive X udaljena od srednje vrednosti 3σ . Integracijom funkcije verovatnoće dolazimo do površine ispod funkcije, odnosno do rezultata da je verovatnoća da slučajna promenljiva uzme vrednost iz intervala (a , b) data Laplasovom funkcijom (Merkle, 2010, p. 94).

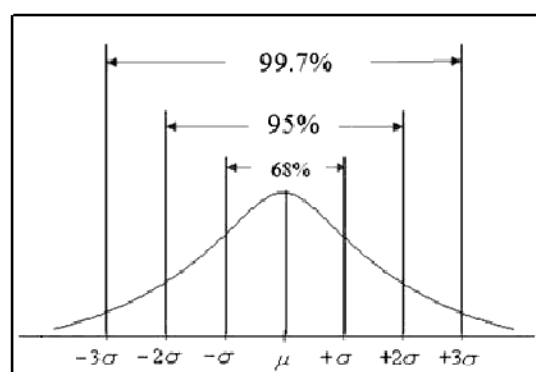
$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_1}^{z_2} e^{-\frac{z^2}{2}} dt \quad (3)$$

S obzirom na to da dati integral nema primitivnu funkciju, vrednost nalazimo iz tablica standardne normalne raspodele (Vukadinović, Popović, 2008, p. 613). Tako dolazimo do rezultata o verovatnoćama pojavljivanja vrednosti slučajne promenljive X u određenim intervalima, u odnosu na srednju vrednost populacije μ , što je prikazano na slici 1:

$$P(\mu - \sigma \leq X \leq \mu + \sigma) = 68,26\%$$

$$P(\mu - 2\sigma \leq X \leq \mu + 2\sigma) = 95,46\%$$

$$P(\mu - 3\sigma \leq X \leq \mu + 3\sigma) = 99,73\%$$



Slika 1 – Raspodela verovatnoća oko srednje vrednosti
Figure 1 – Distribution of probabilities around the mean

Poslednji zaključak ukazuje na to da će se 99,7% svih podataka naći u intervalu od $\pm 3\sigma$ od srednje vrednosti posmatranog obeležja, odnosno da se očekuje da 99,7% vrednosti svih merenja bude u tom intervalu (Nelson, 2006, pp. 71–74).

Kada podaci slede normalnu raspodelu, sposobnost procesa definiše se terminom rasipanje procesa i meri se prirodnom tolerancijom $T=6\sigma$, gde rasipanje sadrži 99,73% usaglašenih proizvoda (Lazić, 2011a). To će značiti da će se van tog intervala širine 6σ naći zanemarljiv broj podataka. Zbog toga se u praksi granice od $\pm 3\sigma$ uzimaju kao granice verovatnoće za ocenu neke pojave.

Normalna raspodela je najvažnija među svim raspodelama, jer mnoštvo pojava pri posmatranju kontinuiranih obeležja upućuje, po svom obliku raspodele vrednosti obeležja, na normalnu raspodelu, ali u određenim uslovima (koji su u praksi često ispunjeni) raspodele diskontinuiranih obeležja mogu se, takođe, aproksimirati normalnom raspodelom. Mnoge statističke analize zasnivaju se na pretpostavci da osnovni skup iz kojeg se uzimaju uzorci sledi zakon normalne raspodele.

U razmatranjima bitnim za praćenje procesa značajne su karakteristike srednje vrednosti i karakteristike rasipanja. Značajne karakteristike – mere srednje vrednosti jesu aritmetička sredina, medijana i modus, a značajne karakteristike rasipanja su raspon vrednosti, standardna devijacija i koeficijent varijacije. Kod većeg broja izmerenih vrednosti, u praktičnim primenama statističkih metoda, najčešće se koriste aritmetička sredina i standardno odstupanje.

Uloga i značaj kontrolnih karata

U procesu proizvodnje pojavljuje se veliki broj faktora koji utiču na kvalitet proizvoda. Da bi se ti faktori otkrili i na njih blagovremeno uticalo, potrebno je da se proces stalno prati. Svakom procesu imanentni su nedostaci koji uzrokuju popravke, dorade, gubitke, dodatno vreme izrade i povećane troškove. Usredsređivanjem na te nedostatke i koncentrisanjem napora za njihovo smanjenje, smanjiće se i vreme izrade i troškovi procesiranja (Rajković, 2012). Troškovi se mogu smanjiti smanjenjem rasipanja. Kada se to postigne, automatski se podiže i nivo kvaliteta proizvoda (Lazić, 2011b). U svakom procesu potrebno je pratiti karakteristike kvaliteta proizvoda ili usluge. Kod novog proizvoda najznačajnije je ustanovljavanje tolerancija dimenzionalnih mera. Odrednice za kvalitet potrebno je utvrditi još u fazi planiranja (Đedović, 2009, p. 122). Konstruktor određuje tolerancije, koje proces proizvodnje često nije u stanju da zadovolji. Čak i ukoliko je kvalitet jasno definisan za sve operacije proizvoda, i ustanovljeno da su obezbeđeni svi preduslovi da se ispravna proizvodnja nastavi, to još uvek ne znači da za vreme rada neće doći do određenih promena u procesu. Zbog toga je potrebno karakteristike kvaliteta pratiti jedinstvenom kartom.

Naravno, sasvim je jasno da radnik u proizvodnji neće moći odmah da uoči da je došlo do odstupanja koja su značajna za kvalitet, s obzirom na to da se odstupanja u karakteristikama kvaliteta očigledno retko pokazuju. Zbog toga je potrebno organizovati i neki način kontrole dok proizvodnja teče, te se kontrolne karte i javljaju kao pogodno sredstvo.

Pri upotrebi kontrolnih karata, bilo za merene veličine, bilo za atributivne ocene, uzimaju se uzorci iz procesa u određenim intervalima, a u kartu upisuju statističke karakteristike uzoraka. Kontrolne granice, kao granice slučajnih rasipanja statističkih karakteristika uzoraka iz procesa za određeni interval poverenja, takođe se ucrtavaju u kontrolnu kartu. Računanje kontrolnih granica zasniva se na pretpostavci statistički stabilnih procesa, odnosno procesa na koje deluju samo slučajni uzroci. Pojava značajnih uzroka u procesu manifestovaće se na kontrolnoj karti takama izvan kontrolnih granica, što će predstavljati pokazatelj potrebe za preduzimanjem određenih korektivnih zahvata.

Vrlo je malo industrijskih procesa koji su statistički potpuno verno objašnjeni, naročito za neki duži vremenski proizvod. Međutim, ova činjenica ne umanjuje važnost kontrolnih karata, s obzirom na njihovu malu osetljivost na odstupanja od normalnosti pojave koju pratimo.

Brojne stručne rasprave i iskustva iz prakse pokazuju da su kontrolne karte izuzetno prikladno i vrlo jeftino sredstvo za praćenje i upravljanje procesima, naročito ako se pravilno primene na pravom mestu u proizvodnom procesu.

Tehnika kontrolnih karata zapravo predstavlja statističko regulisanje procesa, što podrazumeva statističku kontrolu tekućih aktivnosti radi intervenisanja u slučajevima kada proces izađe van propisanih kontrolnih granica (Carter, 2012). Kada kažemo da je neki proces pod kontrolom, to znači da je variranje kvaliteta u granicama intervala poverenja za zadati interval značajnosti i da je proces stabilan. Kad proces nije pod kontrolom, imamo nenormalno variranje kvaliteta, čija je posledica nestabilnost procesa. U tom smislu, njihov zadatak je da:

- održavaju proces u stanju kontrole;
- dovedu proces u stanje kontrole, i
- pokažu da li je postignuto stanje kontrole.

Iz opisanog postupka može se zaključiti da je postupak vrlo jednostavan, i da bi se o njemu lako pripremilo uputstvo i radniku, ali planiranje kontrole u pogledu određivanja mesta, karakteristika i učestalosti praćenja, računanja kontrolnih granica i interpretacije dobijenih rezultata zahteva stručno poznavanje osnova na kojima se zasnivaju kontrolne karte.

Najpre se treba usmeriti na karte srednjih vrednosti, čija ideja je veoma jednostavna, i zasniva se na konstrukciji kritične oblasti testa značajnosti koji se odnosi na hipotezu o matematičkom očekivanju. Obeležje X koje posma-

tramo kod svakog proizvoda treba da ima propisanu određenu vrednost x_0 , statistički shvaćeno. Usled raznih slučajnih (dakle, nepredvidivih i nekontrolisanih) fluktuacija u proizvodnom procesu, obeležje X je slučajna promenljiva za koju, po centralnoj graničnoj teoremi, možemo smatrati da ima normalnu raspodelu. Tada je propisana vrednost x_0 ostvarena ukoliko je matematičko očekivanje slučajne promenljive X jednako baš x_0 .

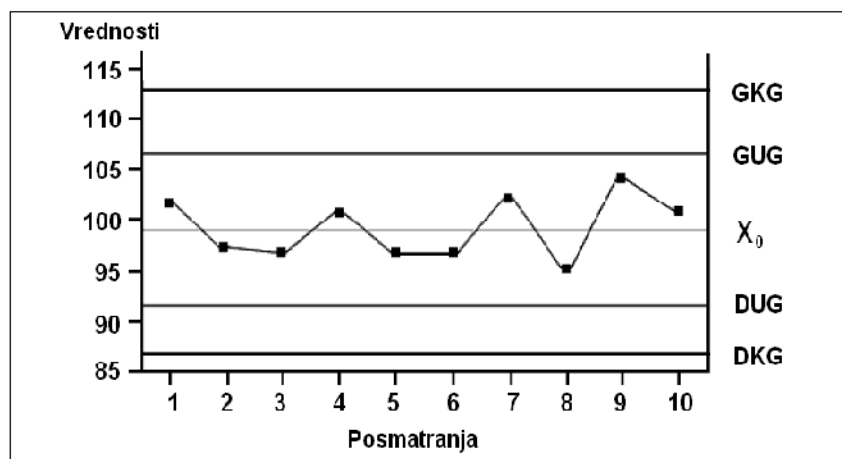
Da bismo proverili da li se proces odvija u dozvoljenim granicama, uzimamo periodično po n uzoraka, merimo njihovo obeležje X , i iz tako uzetog uzorka nalazimo srednju vrednost.

Sa usvojenim pragom značajnosti α testiramo hipotezu $H_0(x = x_0)$, tj. proveravamo da li $\bar{x}$ pripada kritičnoj oblasti. Ukoliko pripada, to je signal da je proces znatno odstupio od dozvoljenih granica i da je potrebna intervencija da bi se otklonio uzrok tog odstupanja. Polazi se od varijanse sredine populacije date relacijom: $\sigma_{\bar{x}}^2 = \sigma^2 / n$, i standardne greške sredine populacija date relacijom $\sigma_{\bar{x}} = \sigma / \sqrt{n}$.

Ova procedura testiranja je maksimalno uprošćena primenom kontrolnih karata, u kojima se kao ordinate nanose srednje vrednosti $\bar{x}$ periodično unetih proba obima n , i na kojima je kritična oblast odvojena dvema paralelnim horizontalnim pravama, koje označavaju donju i gornju granicu – interval poverenja ocene srednje vrednosti:

$$DKG_{\bar{x}} = x_0 - z_{1-\alpha} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{ i } \quad GKG_{\bar{x}} = x_0 + z_{1-\alpha} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

U primeni ove formule specificiran je nivo poverenja $1 - \alpha$, iz kojeg mi determinišemo vrednost: α , $\alpha/2$, $z_{\alpha/2}$, primenom odgovarajućih tablica.



Slika 2 – Prikaz osnovnih elemenata kontrolne karte
Figure 2 – Presentation of the essential elements of the control card

Ukoliko su u nizu uzetih uzoraka srednje vrednosti $\bar{x}$ između granica DKG i GKG, proces proizvodnje je stabilan; ukoliko $\bar{x}$ pređe ispod DKG ili iznad GKG, onda je proces izašao van kontrolisanog stanja i zahteva regulisanje. Tada se obično kontrolišu svi proizvodi od prethodne zadovoljavajuće provere. Kako bi se sprečilo odstupanje proizvoda od zadatih granica, veoma često se definišu i donje i gornje upozoravajuće granice (DUG i GUG), koje predstavljaju vrednosti koje signaliziraju da proces ima tendenciju nestabilnosti, odnosno da je potrebno pratiti rezultate narednih merenja sa povećanom pažnjom.

Pored toga, kontrolne karte pružaju objektivnu informaciju o stanju kvaliteta rukovodećem osoblju. One imaju i psihološko dejstvo, jer radnik, podešavač, kontrolor, neposredni rukovodilac i tehnolog dobijaju vizuelnu predstavu o valjanosti i sposobnosti procesa, pa doživljavaju ličnu satisfakciju za uspešno obavljene poslove ili osećaju potrebu da preduzmu ili pokrenu korektivnu aktivnost za otklanjanje uzroka lošeg kvaliteta.

Veliki je broj karakteristika kontrolnih karata koje potvrđuju ovu tvrdnju, pa se za kontrolnu kartu može reći:

- da je prikladan način da radnik ili kontrolor upisuju podatke kontrole;
- da omogućava jasan pregled stanja i kretanja procesa, u odnosu na pojedinačne i momentalne utiske kojima su ljudi često skloni;
- da je vrlo osetljiva na promene u procesu, pa se može upotrebljavati i za delimično predviđanje pojava u vreme odvijanja procesa;
- da pregledno razdvaja slučajne i značajne uzroke promena u procesima i predstavlja kontinuiran grafički test značajnosti, odnosno javlja se kao testiranje hipoteze statističke stabilnosti procesa;
- da može služiti u sprečavanju prekomernog regulisanja procesa od strane proizvodnog radnika, kada radnik novim podešavanjem reaguje na slučajna odstupanja i tako menja dobro podešen proces;
- da daje pouzdanu sliku o procesu, a u slučaju „hroničnih“ problema pregledno i uverljivo pomaže u uveravanju rukovodstva pri odlučivanju o preduzimanju korekcionih mera, i
- da je kontrolna karta izuzetno pogodan način komuniciranja o vrlo konkretnim problemima procesa, i to prvenstveno od radnika i kontrolora u proizvodnji, prema tehnologiji, konstrukciji i ostalim sektorima u organizaciji.

Kontrolne granice izračunavaju se na tri načina:

- na osnovu snimljenih podataka tehnološkog procesa;
- na osnovu zadate tolerancije karakteristike kvaliteta koja se prati;
- na osnovu poznavanja sposobnosti tehnološkog sistema (6σ).

U literaturi o statističkoj kontroli kvaliteta javljaju se različite kontrolne karte za praćenje kvaliteta pomoću merenih veličina i atributivnih ocena, ali se za nadgledanje srednjih vrednosti procesa najčešće upotrebljavaju $\bar{x}$ -kontrolne karte, a za praćenje pojedinačnih slučajeva X-karta.

Kontrolne karte $\bar{X}R$

Klasične kontrolne karte, u kojima se prati kretanje aritmetičkih sredina $\bar{x}$ i raspona R uzoraka koji se povremeno uzimaju iz procesa sastavljene su tako da koriste potpunu prednost ocene na osnovu matematičke statistike. Takva karta omogućava brze i pouzdane ocene prikazivanja i praćenja promene tehnološkog procesa. Naročito je pogodna u procesima u kojima se proizvodi na posmatranoj operaciji pojedinačno tretiraju, ali se takođe uspešno primenjuje i u procesnoj industriji. Kontrolnom tehnologijom definiše se veličina uzorka i učestalost kontrolisanja, a kontrolor vrši obilaske kako je to propisano i meri karakteristiku kvaliteta čije se variranje posmatra.

Kontrolor u svakom posmatranju evidentira pojedinačne vrednosti za posmatranu karakteristiku kvaliteta na uzorku koji ispituje. Iz ovih vrednosti se za svako posmatranje izračunava prosek $\bar{x}$ i raspon R.

Postupak rada je sledeći:

- iz procesa koji pratimo uzimaju se relativno mali uzorci (3–5), obično u neredovnim vremenskim razmacima, čija učestalost zavisi od stabilnosti procesa;
- na uzorku se meri praćena karakteristika kvaliteta, pri čemu se dobija n izmerenih vrednosti;
- za izmerene vrednosti u uzorku izračunaju se aritmetička sredina i raspon;
- izračunate vrednosti aritmetičke sredine i raspona uzorka upisuju se u kontrolnu kartu $\bar{X}R$;
- za aritmetičke sredine i raspone uzoraka računaju se kontrolne granice i ucrtavaju u kontrolnu kartu.

Tabela 1

Prikaz osnovne postavke procesa uzorkovanja

Table 1

Presentation of the essentials of the sampling process

	Posmatranja				
	1	2	3	...	k
Vrednosti u datom posmatranju (from given observation)	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...	x_{1k}
	x_{21}	x_{22}	x_{21}	...	x_{2k}
	x_{31}	x_{32}	x_{31}	...	x_{3k}
	·	·	·	...	...
	·	·	·	...	...
	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	...	x_{nk}
Srednje vrednosti (Mean)	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_3$	...	$\bar{x}_k$
Raspon (Range)	R_1	R_2	R_3	...	R_k

$$\bar{x}_j = \frac{x_{1j} + x_{2j} + x_{3j} + \dots + x_{nj}}{n}$$

$$R_j = x_{j(max)} - x_{j(min)}$$

Izračunavanje kontrolnih granica $\bar{X}R$ kontrolne karte na osnovu snimljenih podataka tehnološkog procesa

Ukoliko se za kritične granice zadaje prag značajnosti $\alpha=0,0027$ ($z_{1-\alpha}=z_{0,9973}=3$), koji podrazumeva da se samo 27 od 10 000 primeraka može naći van zadatih granica, u tom slučaju ćemo tvrditi da se 99,73% vrednosti nalazi u intervalu $\pm 3\sigma$ u od srednje vrednosti. Za upozoravajuće granice obično se uzima $\alpha=0,005$ ($z_{1-\alpha}=z_{0,995}=1,96$). Za $1-\alpha=0,95$ sledi da je $\alpha=0,05$, $\alpha/2=0,025$, a $z_{\alpha/2}=z_{0,25}=1,96$.

U tom slučaju, kontrolne granice će biti:

$$DKG_{\bar{x}} = x_0 - 3 \cdot s_{\bar{x}} \quad \text{ i } \quad GKG_{\bar{x}} = x_0 + 3 \cdot s_{\bar{x}} \quad (6)$$

a upozoravajuće

$$DUG_{\bar{x}} = x_0 - 1,96 \cdot s_{\bar{x}} \quad \text{ i } \quad GUG_{\bar{x}} = x_0 + 1,96 \cdot s_{\bar{x}} \quad (7)$$

Gde je $s_{\bar{x}}$ standardna devijacija uzorka i jednaka je korenu varijanse uzorka $s_{\bar{x}} = \sqrt{s^2}$.

Kao što se i vidi, kontrolne granice zavise od x_0 i σ , od praga značajnosti α i veličine probe n . U praktičnim primenama parametri x_0 i σ^2 obično nisu poznati. Tada se postupa tako što nepoznate zamenjujemo njihovim ocenama na osnovu uzoraka. Za inicijalno formiranje statističkih osnova karte uzorak je obično mali, ali je radi pouzdanosti podataka preporučljivo da bude 5–10, s tim što je potrebno da broj posmatranja k bude bar 20–30, kako bi ovu kontrolnu kartu mogli podvrći kvalitetnoj statističkoj analizi.

Za ocenu x_0 uzimamo vrednost:

$$x_0 = \bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j \quad (8)$$

dok za ocenu varijanse uzimamo:

$$s^2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k s_j^2, \text{ gde je } s_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij}^2 - \bar{x}_j^2) \quad (9)$$

Međutim, u praksi se radije koriste druge ocene, gde se računski deo posla pojednostavi. Za računanje kontrolnih granica koristi se tabela faktora za izračunavanje kontrolnih granica za izmerene vrednosti karakteristike kvaliteta, čiji je deo prikazan u sledećoj tabeli.

Prikaz faktora za izračunavanje kontrolnih granica

Tabela 2

Presentation of the factors for the calculation of control limits

Table 2

n	A	A ₁	A ₂	B ₃	B ₄	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	d ₂
2	2,121	3,760	1,880	0,000	3,267	0,000	3,687	0,000	3,269	1,128
3	1,732	2,394	1,023	0,000	2,569	0,000	4,357	0,000	2,574	1,693
4	1,500	1,880	0,729	0,000	2,267	0,000	4,699	0,000	2,282	2,059
5	1,342	1,596	0,577	0,000	2,090	0,000	4,918	0,000	2,114	2,326
6	1,225	1,410	0,483	0,030	1,970	0,000	5,078	0,000	2,004	2,534
7	1,134	1,277	0,419	0,117	1,883	0,205	5,203	0,076	1,924	2,704

Prikazani parametri predstavljaju pondere u izračunavanju donjih i gornjih granica kod različitih kontrolnih karata.

Korišćenjem podataka iz tabele čiji je deo prikazan, možemo lako doći do kontrolnih granica. Za ocenjenu srednju vrednost podataka uzimamo $\bar{x}_0$, koja predstavlja srednju vrednost računatu kao što je pokazano u jednačini 6. U svakom probnom uzorku odredimo raspon R , i izračunamo aritmetičku sredinu raspona $\bar{R}$ i standardnu devijaciju uzorka $S_{\bar{x}}$.

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_j \quad \text{ i } \quad s_{\bar{x}} = \frac{R}{d_2 \cdot \sqrt{n}} \quad (10)$$

Oдавде sada lako možemo izračunati kontrolne granice iz jednačine 6: $DKG_{\bar{x}} = \bar{x}_0 - 3 \cdot s_{\bar{x}}$ i $GKG_{\bar{x}} = \bar{x}_0 + 3 \cdot s_{\bar{x}}$

Kontrolne granice procesa pokazuju kvalitativno kretanje procesa, njegovu stabilnost i sposobnost. To su granice mogućnosti jednog procesa i predstavljaju normalne varijacije koje se mogu očekivati.

S obzirom na to da su vrednosti kojima se raspolaže dobijene merenjem uzoraka, za izračunavanje kontrolnih granica koriste se koeficijenti A_2 , D_3 i D_4 , koji zavise samo od veličine uzorka n (Bakija, 1978).

$$DKG_{\bar{x}} = x_0 - A_2 \cdot \bar{R} \quad \text{ i } \quad GKG_{\bar{x}} = x_0 + A_2 \cdot \bar{R} \quad (11)$$

$$DKG_{\bar{R}} = D_3 \cdot \bar{R} \quad \text{ i } \quad GKG_{\bar{R}} = D_4 \cdot \bar{R} \quad (12)$$

Izračunavanje kontrolnih granica $\bar{X}R$ kontrolne karte na osnovu zadate tolerancije karakteristike kvaliteta

Kao i u drugim slučajevima, i u ovom se usvaja da se pojava koju analiziramo ponaša po zakonu normalne raspodele. Da bi se izračunale kontrolne granice, potrebno je prethodno specificirati zadatu toleranciju T i meru srednjeg tolerantrnog polja x_0 (Mitrović, 1996, p. 144). Takođe, uvođi se pretpostavka da je $T=6\sigma$.

Kontrolne granice srednjih vrednosti uzoraka izračunavaju se kao:

$$DKG_{\bar{x}} = x_0 - A \cdot T \quad \text{ i } \quad GKG_{\bar{x}} = x_0 + A \cdot T \quad (13)$$

dok se kontrolne granice raspona računaju kao:

$$DKG_{\bar{R}} = D_1 \cdot T \quad \text{ i } \quad GKG_{\bar{R}} = D_2 \cdot T \quad (14)$$

Izračunavanje granica na osnovu zadate tolerancije vrši se u slučajevima kada, zbog kratkog vremenskog roka, nismo u mogućnost da snimimo proces.

Izračunavanje kontrolnih granica $\bar{X}R$ kontrolne karte na osnovu poznavanja sposobnosti tehnološkog procesa

Izračunavanje kontrolnih granica na osnovu snimljenog tehnološkog procesa zahteva mnogo vremena i brižljive pripreme, kako dobijeni podaci ne bi dali krivu sliku o stvarnom stanju. Tačno snimljeni podaci omogućavaju izračunavanje kontrolnih granica. Njihova vrednost zadržava se tokom praćenja i ima prednost nad kontrolnim granicama izračunatih pomoću zadate tolerancije, s obzirom na to da uzimaju u obzir sposobnost tehnološkog procesa.

$$DKG_{\bar{x}} = x_0 - A \cdot \sigma_0 \quad \text{ i } \quad GKG_{\bar{x}} = x_0 + A \cdot \sigma_0 \quad (15)$$

dok se kontrolne granice raspona računaju kao:

$$DKG_{\bar{R}} = D_1 \cdot \sigma_0 \quad \text{ i } \quad GKG_{\bar{R}} = D_2 \cdot \sigma_0 \quad (16)$$

Kontrolne karte $\bar{X}\sigma$

Kontrolne karte $\bar{X}\sigma$ služe za praćenje tehnološkog procesa preko aritmetičke sredine i standardne devijacije memih veličina uzoraka. Primjenjuju se za praćenje tehnološkog procesa sa većim brojem komada u uzorku, a redovno više od 15 komada.

Ova karta koristi se u procesu proizvodnje kada je trajanje operacije duže, i pri kojem postoji relativno veće rasipanje, tj. kada su potrebni što pouzdaniji podaci i kada je veći uzorak neophodan za detaljan uvid u rezultate.

Umesto raspona, ovde se standardna devijacija pojavljuje kao mera rasipanja. Zbog složenosti izračunavanja standardne devijacije, čak i u slučajevima korišćenja računskih pomagala, ova kontrolna karta se koristi samo onda kada je to izuzetno neophodno. Praktično se pokazalo da se raspon sa dovoljnom tačnošću može upotrebljavati umesto standardne devijacije. Kontrolne granice izračunavaju se za ista tri slučaja kao i kod kontrolne karte $\bar{X}_R$.

Izračunavanje kontrolnih granica $\bar{X}\sigma$ kontrolne karte na osnovu snimljenih podataka procesa

Za izračunavanje ovih granica potrebno je najpre naći centralnu liniju standardne devijacije i centralnu liniju srednjih vrednosti uzoraka. Centralna linija srednjih vrednosti uzoraka računa se na isti način kao i kod kontrolne karte $\bar{X}_R$, dok se centralna linija standardne devijacije računa kao:

$$\bar{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i}{k} \quad (17)$$

Sada se na osnovu tih podataka računaju kontrolne granice. Kontrolne granice standardne devijacije izračunavaju se kao:

$$DKG_{\sigma} = B_3 \cdot \bar{\sigma} \quad GKG_{\sigma} = B_3 \cdot \bar{\sigma} \quad (18)$$

dok se kontrolne granice srednjih vrednosti računaju kao:

$$DKG_{\bar{x}} = \bar{x} - A_1 \cdot \sigma_0 \quad GKG_{\bar{x}} = \bar{x} + A_1 \cdot \sigma_0 \quad (19)$$

Izračunavanje kontrolnih granica $\bar{X}\sigma$ kontrolne karte na osnovu zadate tolerancije

Sa unapred zadatom tolerancijom, kontrolne granice standardne devijacije izračunavaju se kao:

$$DKG_{\sigma} = B_1 \cdot T \quad \text{i} \quad GKG_{\sigma} = B_2 \cdot T \quad (20)$$

dok se kontrolne granice srednjih vrednosti računaju kao:

$$DKG_{\bar{x}} = x_0 - A \cdot T \quad \text{i} \quad GKG_{\bar{x}} = x_0 + A \cdot T \quad (21)$$

Izračunavanje kontrolnih granica $\bar{X}\sigma$ kontrolne karte na osnovu sposobnosti tehnološkog procesa

U slučajevima kada su nam poznate karakteristike tehnološkog procesa, kontrolne granice standardne devijacije izračunavaju se kao:

$$DKG_{\sigma} = B_1 \cdot \sigma_0 \quad \text{i} \quad GKG_{\sigma} = B_2 \cdot \sigma_0 \quad (22)$$

dok se kontrolne granice srednjih vrednosti računaju kao:

$$DKG_{\bar{x}} = x_0 - A \cdot \sigma_0 \quad \text{i} \quad GKG_{\bar{x}} = x_0 + A \cdot \sigma_0 \quad (23)$$

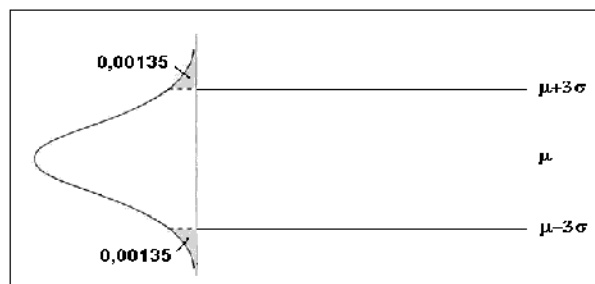
Kontrolne X-karte

Kontrolna X-karta, ili kontrolna karta pojedinačnih slučajeva, predstavlja grafik vremenskog niza pojedinačnih merenja karakteristike i rezultata procesa, na kojem su ucrtane centralna linija i kontrolne granice. U stalnim procesima ova karta je pogodnija od $\bar{X}_R$ i $\bar{X}\sigma$ kontrolnih karata, i pruža znatno jednostavniju obradu rezultata, kao i analizu dnevnih rezultata u procesima u kojima aktivnosti nemaju serijski karakter.

Zapravo, X-karta je najjednostavniji oblik kontrolne karte, koji ispunjava osnovne zahteve postavljene kontrolnom kartom, brzi uvid u stanje i dovoljno detaljan prikaz za zaključivanje. Iz nje se jasno može videti gde se nalaze izmerene pojedinačne vrednosti u odnosu na tolerantno polje, a takođe se vidi i raspon pojedinih izmerenih veličina.

Centralna linija i ovde predstavlja prosečnu vrednost karakteristike kvaliteta kada je proces u stanju statističke kontrole. Kontrolne granice određuju se tako da, kada je proces pod kontrolom, postoji veoma mala

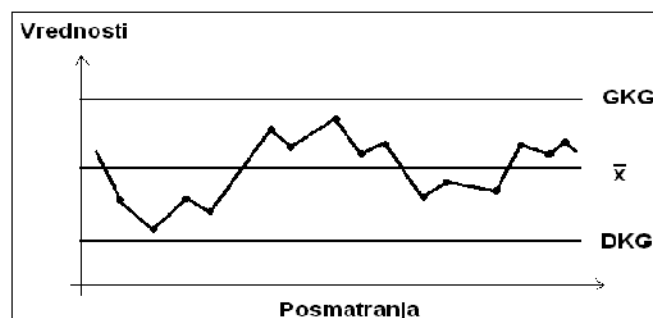
moćnost da pojedinačna vrednost promenljive – karakteristike procesa budu van granica kontrolne karte. U praksi se kontrolne granice najčešće postavljaju na rastojanju od 3 standardne devijacije (3σ) od centralne linije (proseka procesa). Ukoliko je proces pod kontrolom i ima normalan raspored, verovatnoća da pojedinačna merenja budu van kontrolnih granica je $\alpha=0,0027$. Tada je $\alpha/2=0,00135$.



Slika 3 – Verovatnoće merenja posmatrane karakteristike procesa
Figure 3 – Probabilities of the measure of the observed characteristic of a process

Sve dok pojedinačne vrednosti ostaju u okviru kontrolnih granica, smatramo da je proces pod kontrolom. Ako se jedna ili više vrednosti nađu van kontrolnih granica, to će značiti da se radi o nekoj retkoj pojavi ili da je proces van kontrole. U svakom slučaju, to je signal da treba pratiti proces. Ukoliko se pokaže da je proces van kontrole, potrebno je preduzeti adekvatne korektivne mere za eliminisanje postojećih posebnih uzroka varijacije.

Naravno, ovde se za svaku tačku unetu u grafik praktično vrši dvostrani test hipoteze, pri čemu kontrolne granice funkcionišu kao kritične vrednosti za test. Kontrolne granice su funkcije prirodne varijabilnosti procesa. Pod pretpostavkom da se koriste 3σ granice, položaj kontrolnih granica je funkcija standardne devijacije procesa.



Slika 4 – Prikaz kontrolne X-karte
Figure 4 – Presentation of the X- control card

Konstrukcija kontrolne X-karte može se prikazati primerom podataka iz sledeće tabele (slučaj iz prakse), praćenjem prečnika određenog elementa proizvodnje.

Tabela 3

Izmerene vrednosti prečnika elementa

Table 3

Measured values of the element diameter

Red. br.	Prečnik	Red. br.	Prečnik	Red. br.	Prečnik	Red. br.	Prečnik
1	1000	11	1000	21	1000	31	998
2	998	12	999	22	1002	32	998
3	1001	13	997	23	1001	33	997
4	1000	14	997	24	999	34	999
5	999	15	998	25	998	35	1000
6	1000	16	1000	26	1000	36	999
7	1001	17	1002	27	1002	37	1001
8	1001	18	1000	28	1003	38	1002
9	1002	19	999	29	1001	39	1000
10	1001	20	1001	30	1000	40	1001

Na osnovu podataka iz tabele računamo srednju vrednost i standardnu devijaciju, gde su x_i podaci, a f_i učestalost njihove pojave:

Tabela 4

Pomoćna tabela za računanje aritmetičke sredine i standardne devijacije

Table 4

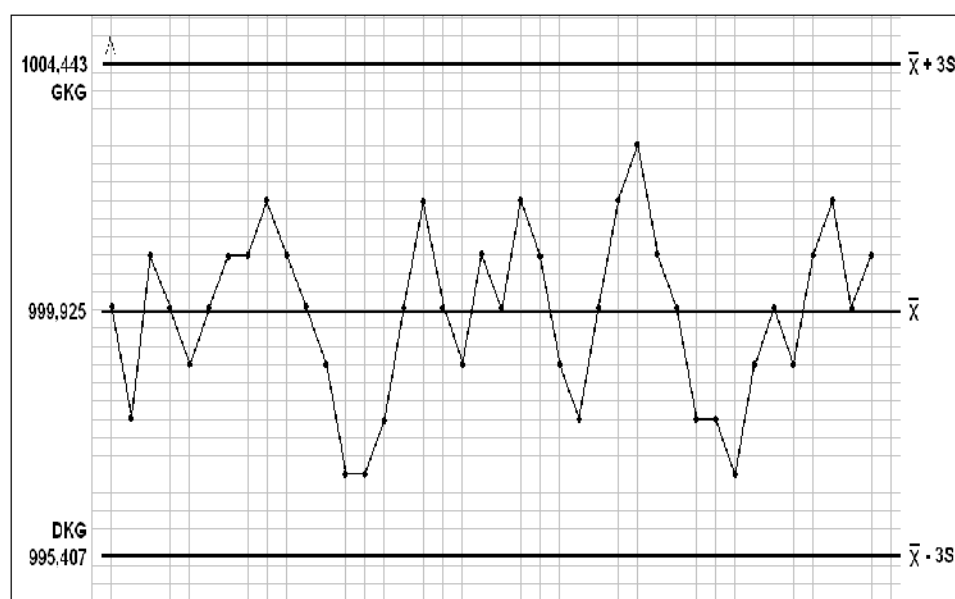
Auxiliary table for the calculation of the mean and the standard deviation

X_i	f_i	$x_i \cdot f_i$	$x_i^2 \cdot f_i$
997	3	2991	2982027
998	5	4990	4980020
999	6	5994	5988006
1000	11	11000	11000000
1001	9	9009	9018009
1002	5	5010	5020020
1003	1	1003	1006009
$\Sigma f_i = 40$		$\Sigma(x_i \cdot f_i) = 39997$	$\Sigma(x_i^2 \cdot f_i) = 39994091$

$$\bar{x} = \frac{\sum (x_i \cdot f_i)}{\sum f_i} \Rightarrow \bar{x} = \frac{39997}{40} \Rightarrow \bar{x} = 999,925$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i^2 \cdot f_i)}{\sum f_i} - \bar{x}^2} \Rightarrow s = \sqrt{2,269375} \Rightarrow s = 1,506 \Rightarrow 3s = 4,518$$

Iz dobijenih rezultata centralnu liniju postavljamo tako da ordinatu preseca na 999,925, dok kontrolne granice postavljamo na $\pm 3s$ (s je standardna devijacija uzorka) u odnosu na nju. To će značiti da gornju kontrolnu granicu postavljamo na rastojanju $3s$ iznad centralne linije, a donju kontrolnu granicu na $3s$ ispod centralne linije. Tako će gornja kontrolna granica (GKG) biti na 1004,443, a donja kontrolna granica (DKG) na 995,407. Kada su postavljene kontrolne granice, na kontrolnu kartu se unose tačke koje predstavljaju realizovane vrednosti karakteristike kvaliteta koju merimo, u ovom slučaju dužine, i to onim redom kojim su nastajale.



Slika 5 – Prikaz kontrolne X-karte za praćenje prečnika elementa
Figure 5 – Presentation of the X- control card for monitoring the element diameter

Kako se može i videti sa kontrolne karte za dati primer, sva merenja bila su u okviru zadatih granica, te se ne može odbaciti hipoteza da je proces pod kontrolom.

Pored kontrolnih, proces može biti određen i specifikacionim granicama, koje ne zavise od procesa. Specifikacione granice, odnosno granične tačke koje definišu prihvatljive vrednosti za posmatrano obeležje procesa, određuju rukovodioci, tehnolog ili kupci, što olakšava definisanje granica. Slično kontrolnim, i specifikacione granice mogu biti jednostrane i dvostrane. Za rezultat procesa koji se nađe u okviru specifikacionih granica kažemo da se slaže sa specifikacijom, a u suprotnom slučaju da je neprimolagan.

Zaključak

Nametanjem standarda u svim oblastima, posebno u proizvodnji i uslugama, i u vezi sa tim održavanjem i snabdevanjem, dolazi se do jedinstvenih pogleda i uspostavljanja zajedničkih kriterijuma. Već samom opredeljenošću za dostizanje standarda kvaliteta preuzima se i obaveza uspostavljanja mehanizama i procedura kojima će se obezbediti ostvarenje planiranog i zahtevanog.

Statistička kontrola kvaliteta odavno se pokazala kao pouzdan, neizbežan i nezamenljiv alat u kontroli procesa. Sa druge strane, statistički podaci na dovoljnom broju uzoraka služe i kao parametar kojim se mogu definisati značajni parametri poput garantnog roka. Takođe, statistički podaci predstavljaju i pokazatelje kojima se definiše prihvatanje određenog proizvoda/usluge, odnosno definiše interval pouzdanosti za datu karakteristiku kvaliteta.

Kontrolne karte, kao inženjersko-matematičko sredstvo, predstavljaju veoma pogodan alat za ostvarenje ciljeva statističke kontrole. Optimalnom primenom kontrolnih karata obezbeđuje se konstantno praćenje procesa, usmeravanje ka željenom toku i preduzimanje eventualnih korektivnih mera. Takođe, njihovom primenom osigurava se ispunjenje projektovanih ili zahtevanih karakteristika kvaliteta, odnosno ispunjenje zahteva određenog standarda. Svojom jednostavnošću primene i pouzdanošću obezbeđuju korisnicima pogodnost u radu i relevantne pokazatelje procesa, a kontrolorima procesa daju validne podatke o toku procesa. Kao takve, predstavljaju alat kojim se čitav proces drži u zadatim granicama.

Najznačajniju primenu kontrolne karte mogu naći u proizvodnim procesima, ali i u ostalim povezanim funkcijama, poput održavanja, snabdevanja, transporta, itd. Prilagođavanjem konkretnim problemima, statistička kontrola kvaliteta i kontrolne karte mogu imati značajno mesto u vojnoj industriji. Tako, na primer, procesi proizvodnje pešadijskog naoružanja, artiljerijskih oruđa umnogome mogu biti zavisni od kalibra cevi ili mase projektila, a u vazduhoplovstvu elementi krila aviona ili hidro-komponenti stajnog trapa zahtevaju strogu kontrolu kvaliteta. Stoga, statistička kontrola kvaliteta treba da ima prvorazredni značaj u uspostavljanju ili dostizanju standarda, a sve radi stalnog unapređenja stanja i obezbeđenja pozicija na tržištima.

Literatura

- Bakija, I., 1978, *Kontrola kvalitete*, Zagreb, Tehnička knjiga.
- Carter, M., *Control charts in quality control- Shewart charts*, Dostupno na: <http://printfu.org/read/>, Preuzeto: 13. 02. 2012.godine.
- Đedović, B., 2009, *Vođenje i vrednovanje projekata*, Beograd, Fakultet za menadžment MSP.

- Ivković, Z., 1992, *Matematička statistika*, Beograd, Naučna knjiga.
- Karović, S., Komazec, N., 2010, *Upravljanje rizicima kao preduslov integrisanog menadžment sistema u organizaciji/Risk Management as a prerequisite of the integrated management system in organizations*, Beograd, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, 58(3), pp. 146–161.
- Lazić, M., 2011, Sposobnost procesa – merenje i ocena kvaliteta procesa, pp. 64–66, *Nacionalna konferencija o kvalitetu Festival kvaliteta*, Kragujevac, Maj 19–21.
- Lazić, M., 2011, Šest sigma – metodologija unapređenja kvaliteta, pp. 26–30, *Nacionalna konferencija o kvalitetu Festival kvaliteta*, Kragujevac, Maj 19–21.
- Lynch, D., 2012, *ISO 9000 and Organizational Effectiveness*, Quality Management Journal, 14(1), pp. 64–68.
- Majstorović, V., 2012, *Upravljanje kvalitetom proizvoda – materijal za nastavu*, Beograd, Mašinski fakultet.
- Merkle, M., 2010, *Verovatnoća i statistika za inženjere i studente tehnike*, Beograd, Akademska misao.
- Mitrović, Ž., 1996, *Sistem integralne kontrole kvaliteta proizvoda*, Beograd, Yupik.
- Nelson, L., 2006, Interpreting Shewhart X Control Charts, *Journal of Quality Technology*, 36(2), pp. 71–74.
- Radojević, R., 1997, *Inženjering kvaliteta*, Beograd, Društvo operacionih istraživača Srbije.
- Rajković, V., 2012, Lean Six Sigma koncept, *Nacionalna konferencija o kvalitetu Festival kvaliteta*, Kragujevac, Jun 7–9.
- Stuart, M., Mullins, E., Drew, E., 1996, Statistical Quality Control and Improvement, *European Journal of Operational Research*, 19(4), pp. 203–204.
- Vukadinović, S., Popović, V., 2008, *Matematička statistika*, Beograd, Saobraćajni fakultet.
- Vulanović, V., 2003, *Metode i tehnike unapređenja procesa rada-statističke, inženjerske, menadžerske*, Novi Sad, Istraživački i tehnološki centar – Fakultet tehničkih nauka.

CONTROL CARDS AS A STATISTICAL QUALITY CONTROL RESOURCE

FIELD: Mathematics, Quality Control| Statistical methods applied in specific fields

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Statistical methods can significantly contribute to the increase of product and service quality, as well as to the increase of institution rating. The definition of optimal, anticipatory and limit values is based on a sample statistical analysis. Control cards represent a very confident instrument simple for use and efficient for process control, by

which a process is maintained in set borders. Control cards can thus be applied in the quality control of processes of weapon and military equipment production, maintenance of technical systems as well as for setting standards and increasing quality levels for many other activities.

Statistical essentials of control cards

An observed characteristic of some process, namely a quality characteristic, can take any value within a given interval. The measurement results are mostly grouped around the mean value, so most stochastic processes are distributed by Gauss's law.

Role and impact of control cards

The control cards technique represents a statistical regulation of a process, which implies a statistical process control in order to react in situations when a process leaves the control limits. Control cards thus ensure the process stability.

$\bar{X}R$ control cards

These are classical control cards, applied in processes in which relatively small samples are taken (3–5) and where sampling frequency depends on process stability. They are based on the monitoring of the mean and the range of a quality characteristic in a sample.

$\bar{X}\sigma$ control cards

These control cards are applied for monitoring processes in which samples larger than 15 pieces are taken due to longer operations and larger dissipation. They are based on the monitoring of the mean and the standard deviation of a quality characteristic in a sample.

X control cards

These control cards are appreciably simpler than the previous ones, so they are particularly applied in processes of control of individual activities or nonserial processes. They represent a proper resource for control in daily processes, and they are based on a simple sample analysis, with control limits set at $\pm 3\sigma$ from the sample mean.

Conclusion

Standardization has become a very significant process in all business activities, so reaching and applying standards is obligatory in every aspect of business nowadays.

Statistical quality control shows to be a confident, obligatory and irreplaceable tool in process control. Control cards, as an engineering-mathematical resource, represent a very useful tool for achieving statistical control aims. Optimal application of control cards ensures constant process monitoring, direction towards a desirable course as well as implementation of corrective measures. Their application also ensures the realization of projected or required quality characteristics, i. e. the realization of the requirements of a certain standard.

Control cards can have the most significant application in production processes as well as in other related functions such as maintenance, supply, transport, etc. Adapted control cards can have a very important role in military industry for permanent improvement, i. e. realization and maintenance of quality standards.

Keywords: Quality control, statistical quality control, statistical methods, control cards.

Datum prijema članka/Paper received on: 19. 07. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 01. 10. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 03. 10. 2012.

FORENZIKA MOBILNIH UREĐAJA

Milorad S. Markagić, Univerzitet odbrane u Beogradu,
Vojna akademija, Katedra telekomunikacija i informatike,
Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-1340

OBLAST: telekomunikacije, informacione tehnologije

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

U članku je dat pregled mogućnosti digitalizovanih mobilnih (prenosnih) uređaja, kao i metode istraživanja podataka sa istih. Težište je dato na forenzičkoj istrazi mobilnih telefonskih aparata, ali su obuhvaćena i istraživanja ostalih medija za digitalnu obradu, prenos i čuvanje informacija.

Poseban osvrt je izvršen na programske alate pri vršenju akvizicije digitalnih podataka, sa ciljem upućivanja čitaoca u načine i metode zaštite podataka, ali i saznanja gde se isti sve mogu naći i kako se mogu zloupotrebiti u kriminalne svrhe.

Ključne reči: forenzika, digitalna forenzika, mobilne komunikacije, mobilni uređaji.

Uvod

Razvojem naučne misli i izuzetnom brzinom tehničkih i tehnoloških inovacija u oblasti komunikacija među pojedincima i institucijama, računari, su neizbežno postali baze gde se čuvaju podaci skoro svih ljudskih aktivnosti i interesovanja.

Ubrzanim razvojem personalnih računara, uvođenjem i sve masovnijim korišćenjem Interneta, kao i konvergencijom računarstva i telekomunikacija u jedinstvenu celinu, svet umreženih digitalnih uređaja pruža neslućene mogućnosti, ali i izazove i za kriminalce i istražioce, vlade i institucije, za poslovanje, komunikaciju kao i za sve korisnike svesne važnosti očuvanja privatnosti (Hany, Jessica, 2009), (Caloyannides).

Današnji je svet digitalni svet gde ogromna količina informacija nastaje, obrađuje, šalje i prima presreće i čuva u digitalnom obliku. Digitalne informacije utiču i koriste se u svakom aspektu ljudskog i društvenog života. Iako korišćenje podataka u digitalnom obliku donosi mnoge tehnološke i ekonomske prednosti, ono dovodi i do mnogih problema i izazova prilikom izvođenja forenzičke analize digitalnih dokaza.

Najčešći problemi na koje nailaze forenzičari – istražiocima a koji se mogu svrstati u objektivne i realne bili bi:

1. Da digitalni podatak predstavlja samo apstraktnu reprezentaciju informacije - skup bitova i nema direktno vidljive karakteristike koje bi ukazivale na autentičnost, poreklo i verodostojnost informacije.

2. Veliki broj raznovrsnih uređaja, koji se koriste za stvaranje i čuvanje digitalnih informacija kao što su: kamere, snimači govora, lični digitalni pomoćnici, muzički plejeri, mobilni telefoni i računari.

3. Niske cene i laka dostupnost medija za čuvanje podataka, doprinosi da se količina stvorenih i sačuvanih informacija povećava geometrijskom progresijom.

4. Pregled tako velikih količina podataka oduzima previše vremena.

5. Prenos digitalnih podataka raznim komunikacionim kanalima i sa više tipova uređaja, u različitim formatima, što njihovu analizu i slaganje u smislenu celinu čini veoma teškom.

6. Digitalni podaci se lako brišu, prepravljaju, modifikuju, kriptuju, uz upotrebu velikog broja javno dostupnih i besplatnih antforenzičkih alata,

7. Mediji za čuvanje podataka se sve više smanjuju, tako da je njihovo fizičko otkrivanje veoma otežano, i

8. Digitalni podaci su veoma ranjivi, pa često zahtevaju brzo prikupljanje, selekciju i obradu.

Kada se uzmu u obzir navedene činjenice, dolazi se do logičnog zaključka da se moraju razvijati i naučne metode za rekonstrukciju dokaza iz digitalnih podataka a nakon toga i za njihovu analizu. Metode, koje se sprovode u ovakvim postupcima čine jednu posebnu naučnu disciplinu – digitalnu forenziku.

Digitalnu forenziku možemo definisati kao skup naučnih metoda za prikupljanje, čuvanje, identifikaciju, analizu, interpretaciju, dokumentaciju i prezentaciju digitalnih dokaza nastalih u digitalnim izvorima, sa ciljem negiranja ili potvrđivanja učinjene kriminalne radnje ili pomoći državnim organima pri rekonstrukciji događaja (Caloyannides). Najčešće se digitalni podaci zloupotrebljavaju u kriminalne svrhe: krađe, prevare, pretnje, ucene, uznemiravanje i slično.

Digitalna forenzika je novija naučna disciplina koja se neprestano menja i nadograđuje, održavajući korak sa napretkom hardverske tehnologije i razvojem novih softvera. Kao što se fizička forenzika oslanja na naučne principe koji su se pokazali kao korisni i efikasni u realnom svetu, tako se digitalna forenzika suočava sa posebnim izazovima koji važe samo u digitalnom okruženju.

Brz razvoj prenosnih sredstava za komunikaciju i generisanje digitalnih podataka, njihova sve niža cena i uvođenje u masovnu upotrebu, doprinose sa jedne strane komfornijem korišćenju, a sa druge strane sve većoj mogućnosti manipulacije i zloupotreba. One se manifestuju kroz krađe identiteta, prisluškivanje ometanje i niz drugih nezakonitih radnji.

Pojam i osnovni pojmovi forenzike mobilnih uređaja

U ogromnom broju korisnici i ne shvataju sve mogućnosti pametnih telefona (Smart phones), iPoda, MP3 plejera, Black Berry-a, PDA-a (Personal digital assistant). Mobilni telefon ili PDA u današnje vreme poseduju moć kompjutera.

Današnji mobilni telefoni rade sa gigahercnim procesorima, radnim memorijama 1 GB i većim, hard diskom veličine više GB. Svi su mobilni telefoni u potpunosti bežično funkcionalni, sadrže Bluetooth, infracrvenu i 802.11 tehnologiju.

Ne postoji u potpunosti precizna definicija mobilnog uređaja zato što mnogi uređaji kao što su iPod-ovi i video kamere postaju sve manji i mobilniji. Većina mobilne forenzike danas se sprovodi na mobilnim telefonima i PDA. U mobilnom svetu tehnologije se menjaju veoma brzo, tako da snalažljivi korisnici često otkriju metode prikriivanja podataka i upotrebe novih uređaja za nenamenjene svrhe pre nego što forenzički istražioci u potpunosti uspeju da analiziraju uređaje i pronađu njihove slabosti i mogućnosti.

U većini računarskih područja ovaj je problem prisutan, ali je posebno izražen na području mobilnih tehnologija, jer je brzina promene tako velika.

Bez obzira što korisnici često povećavaju količinu tvrdih diskova i radne memorije na svom računaru, oni u suštini koriste istu tehnologiju u toku celog veka upotrebe.

Pri vršenju istrage mobilnih uređaja treba imati na umu da se oni razlikuju od računara u tri važne činjenice:

1. Veoma česte, brze i lake promene operativnih sistema, standarda i tehnologije čuvanja podataka,
2. Veliki broj različitih platformi mobilnih uređaja, dok su kod računara više manje standardizovane platforme, i
3. Bežična tehnologija komuniciranja.

Postoje tri osnovna načina na kojima mobilni uređaji komuniciraju i koji koriste sve kompanije koje proizvode mobilne uređaje:

1. 802.11: ovaj standard koriste sve bežične mreže koje danas postoje. Domet mobilnog uređaja koji koristi 802.11 znatno varira i zavisi od snage uređaja, ali minimalnog je u prečnika 100 metara.
2. Bluetooth: standard koji se koristi na malim razdaljinama, do 50 metara
3. IC (Infracrvena komunikacija): koristeći stariju metodu komuniciranja mobilni uređaji mogu razmenjivati informacije koristeći infracrveni deo svetlosnog spektra. Ova je metoda usmerene prirode – za komunikaciju među uređajima njihovi infracrveni portovi moraju biti okrenuti jedan prema drugome.

Forenzika personalnih računara je u svom pristupu prilično standardizovana, dok mobilna forenzika koristi različite pristupe istraživanja i prilagođava se razvoju uređaja (Volonino, Anzaldúa, 2008). Ovo područje računarske forenzike je relativno novo i ne važe ista pravila kao i kod

standardne forenzike. Tako se klasična pravila kao što je zabrana pisanja na istraživanom mediju često ne mogu biti realizovana prilikom obavljanja istražnih radnji u mobilnoj forenzici.

Mobilni uređaji sa aspekta forenzičke istrage

Prilikom analize mobilnog uređaja, a u zavisnosti od vrste moguće je koristiti više vrsta dokaza koji se nalaze na istima:

1. Pretplatnički identifikator na mobilnim telefonima: Ovu informaciju koriste mreže mobilnih telefona za autentifikaciju korisnika kao i verifikaciju tipa usluge vezanu za tog korisnika. Drugim rečima, moguće je povezati identitet mobilnog uređaja sa zapisima koje čuva davalac mobilne usluge.

2. SIM moduli (Subscriber Identity Modules): Sadrže informacije ugrađene u sebi, a ukoliko uređaj ne podržava SIM kartice, informacije su kodirane na sam uređaj.

3. Dnevnici: Mobilni uređaju u sebi sadrže dnevnike poziva (primljenih, propuštenih, odgovorenih) i biranih brojeva, kojima je moguće utvrditi određene vremenske tokove. Takođe, dnevnici sadrže i informacije vezane za GPS, spajanja na mrežne ćelije i vreme prekida veza s mrežnim ćelijama. Ovi dnevnici mogu i ne moraju postojati, a u zavisnosti od vrste uređaja, ali ukoliko postoje veoma je jednostavno preko njih izvršiti lociranje korisnika.

3. Telefonski imenik – lista kontakata: Sadrži listu potencijalnih svedoka, žrtava, i saučesnika koja može sadržati sliku, adresu elektronske pošte, fizičke adrese, alternativne brojeve telefona, kao i mnoge druge informacije.

4. Tekstualne poruke: Sadrže delove dokaza kao i vremenske oznake, koje su veoma važne u istrazi. Kao i kod medija za čuvanje podataka, i ovde je moguće rekonstruisati i pronaći oštećene ili obrisane poruke.

5. Kalendar – rokovnik: Sadrži informacije o obavezama osumnjičenog, njegovim kretanju i ljudima s kojima je kontaktirao.

6. Elektronska pošta: Kao i kod klasičnih računara sadrži poruke koje su osumnjičeni šalje ili prima logovanjem na svoj korisnički nalog.

7. Instant poruke: Poruke koje se razmenjuju u realnom vremenu, mogu sadržati čitave razgovore kao i vremenske oznake.

8. Fotografije (slike): Urađene na samom mobilnom uređaju, primljene ili preuzete sa nekog sajta.

9. Audio zapisi: Mogu sadržati podatke koje korisnik uređaja sam kreira, zatim snimljene razgovore u toku komunikacije ili samo zapis preko diktafona mobilnog uređaja.

10. Multimedijalne poruke: Poboljšana verzija instant poruka, koje u sebi osim teksta sadrži i sliku, video zapis i govor,

11. Aplikativni dokumenti: Svi moderniji mobilni uređaji imaju mogućnost kreiranja i pregleda dokumenata, prezentacija, tablica za proračune i mnogih drugih formata dokumenata i

12. Mediji za proširenje kapaciteta: Na njima je često sačuvana istorija prethodno korišćenih aplikacija, brojeva, multimedijalnih sadržaja i sl. (Volonino, Anzaldua, 2008).

Većina mobilnih uređaja ima mogućnost korišćenja spoljašnjih medija za čuvanje kao što su SD kartice. One često služe i za prenos podataka sa računara na mobilni uređaj i obrnuto, pa zato predstavljaju važan izvor potencijalnih dokaza.

Cilj upotrebe forenzičkog softvera

Cilj koji treba postići prilikom upotrebe forenzičkog softvera je dvostruki:

1. Zaštita postojećih podataka na originalnom uređaju – ovaj postupak osigurava integritet prikupljenih podataka, i
2. Postavljanje mehanizma koji će, izračunavajući hash vrednosti potvrditi integritet.

Funkcije proistekle iz računa hash vrednosti kao i write protect softver u samom uređaju omogućavaju ciljeve koje koriste svi forenzički alati. Ali prilikom istraživanja mobilnih uređaja često se javlja potreba pisanja po njihovoj memoriji kako bi se došlo do informacije. U ovakvim slučajevima treba težiti da se zapiše što manja količina informacija.

Najbolji primer akvizicije podataka korišćenjem neforenzičkih alata je korišćenje sinhronizacijskog softvera kako bi se pristupilo podacima na mobilnom uređaju. Tada se podaci kopiraju sa originalnog uređaja, ali se tom prilikom menjaju datumske i vremenske oznake podataka. U tom slučaju je teško dokazati da nije komprimovan integritet podataka.

Problem se javlja i ukoliko se istraga sprovodi na nekom novom mobilnom uređaju za koji još ne postoje modifikovani forenzički alati, što je čest slučaj uzimajući u obzir brzinu menjanja tržišta mobilnih uređaja (Volonino, Anzaldua, 2008).

Tada se preporučuje izrada dodatnih kopija podataka i precizno zapisivanje upotrebljenih procedura i metoda.

Forenzika mobilnih telefona i SIM kartica

Forenzička akvizicija i izvlačenje podataka sa mobilnih telefona jedan je od najzahtevnijih postupaka istrage, zbog brze promene u hardverskoj i softverskoj strukturi i velikog broja prisutnih nestandardnih uređaja na tržištu.

Ali uprkos svim pojedinačnim razlikama, mobilni telefoni sastoje se od tri osnovne komponente:

1. ROM memorije (Read Only Memory): Na ovom elementu mobilnog telefona smešten je OS, a često i softver za rešavanje problema koji se koristi za dijagnostiku i upravljanje uređajem.

2. RAM memorije (Random Access Memory): Ovo područje se koristi za privremeno čuvanje podataka – ukoliko se mobilni telefon isključi, podaci se gube.

3. Sklop ili jedinica za čuvanje podataka: Iako većina mobilnih telefona ima internu memoriju koja je najčešće zasnovana na tehnologiji flash memorije, većina naprednijih modela telefona dolaze s ugrađenim prostorom za memorijske kartice koje služe za proširenje kapaciteta za čuvanje podataka u uređaju.

Takođe se koriste i spoljašnji mediji za čuvanje podataka u obliku Mini SD kartica, SD kartica, ili MMC mobilnih kartica. Za čitanje ovih kartica na računaru potrebni su posebni čitači kartica, ali je i taj problem prevaziđen u novijim generacijama računara.

Forenzika Mobilne mreže

Osnovna stvar koju forenzičar treba da zna je na koji je tip mobilne mreže spojen telefon. Danas su najrasprostranjenije sledeće mreže:

- CDMA (Code Division Multiple Access): Ne poseduje SIM (Subscriber Identity Module) modul – praktično znači da su svi podaci sačuvani na mobilnom telefonu. Koristi se pretežno u SAD.

- GSM (Global System for Mobile Communication): Ove mreže koriste SIM module kao odvojene komponente dizajnirane da budu prenosive sa jednog telefona na drugi – koristi se pretežno u Evropi.

- IDEN (Integrated Digital Enhanced Network): Koristi sistem naprednih SIM kartica (advanced SIM cards) – USIMs.

Od tipa mreže zavisi koji se forenzički alat koristi prilikom obrade mobilnog telefona.

Forenzika mobilnih uređaja

Nakon utvrđivanja mreže u kojoj mobilni telefon radi, sledeći korak je utvrđivanje specifičnog tipa mobilnog uređaja da bi se utvrdile njegove karakteristike i mogućnosti.

Identifikacija tipa mobilnog telefona sprovodi se pretragom proizvođača, serijskog broja uređaja koji se obično nalaze ispod baterije, sinhronizacionog softvera, kodovima proizvođača. Kroz kod proizvođača moguće je doći do informacije kao što su: proizvođač telefona, model, kod zemlje u kojoj je proizveden, a nalazi se uglavnom oko istog područja gde i serijski broj (Volonino, Anzaldúa, 2008).

U operativnom sistemu mobilnog telefona moguće je pronaći sledeće informacije: ESN (Electronic Serial Number), ICCID (Integrated Circuit Card Identification), IMEI (International Mobile Equipment Identifier).

Nakon utvrđivanja tipa mobilnog telefona traži se lista karakteristika koje daje proizvođač, pa se na temelju te liste izdvoje najverovatnija mesta gde je moguće pronaći dokazne materijale. Mada često specifikacije proizvođača mogu biti umnogome različite od stvarnog stanja u mobilnom telefonu zbog korisnikovih dopuna i izmena.

Pregledom specifikacija dobija se uvid u:

1. Metode bežičnog spajanja: da li telefon koristi bluetooth, WiFi ili infracrvenu tehnologiju uz mobilnu tehnologiju komuniciranja,
2. Pristup internetu,
3. Kamera,
4. Upravljači ličnim informacijama PIM (Personal information manager): variraju u zavisnosti od tipa uređaja, ali svi sadrže kalendar, imenik, kao i softver za produkciju i pregled raznih tipova dokumenata,
5. Poruke: mogu li se telefonom slati samo SMS poruke, multimedijalne poruke, elektronska pošta ili svaka od njih,
6. Aplikacije: sa kojim tipom aplikacije je telefon isporučen od proizvođača, a koja je trenutno u upotrebi i
7. Spajanja: koji tipovi kablova su potrebni za spajanje telefona sa računarom.

Forenzika SIM kartica

SIM (Subscriber Identity Module), upotrebljava se u GSM i IDEN mrežama. Omogućava korisniku prebacivanje podataka kao što su imenik, poruke i korisničke autentifikacije između mobilnih telefona. Korisnik može menjati mobilne telefone, ali se on i dalje može pronaći korišćenjem odnosno praćenjem SIM kartice. Da bi se izbeglo kontaminiranje dokaza ne preporučuje se pristupanje telefonu korišćenjem druge SIM kartice.

Kloniranje SIM kartica: korišćenjem forenzičkih alata najsigurniji je način pristupanja mobilnom telefonu. SIM kartica zaštićena je PIN brojem (Personal identification number), čiji je zadatak ne samo zaštita podataka na kartici već i na samom uređaju. PIN broj dugačak je od četiri do osam cifara i vrši sigurnosnu opciju blokiranja uređaja ukoliko se unese pogrešan PIN određen broj puta – najčešće tri. Mobilni telefon se nakon blokiranja može otključati PUK brojem (PIN Unblocking Key), a ako se kojim slučajem nekoliko puta nese i pogrešan PUK broj, uređaj se više ne može odblokirati.

Do nedavno su se PDA koristili kao samostalni uređaji, ali se danas mogućnosti PDA i mobilnog telefona nalaze objedinjeni u pametnim telefonima (Smart phones). Danas su retko u upotrebi ovi uređaji, a koriste se većinom Palm OS, koja je najpopularnija PDA platforma i koja se trenutno još uvek negde koristi. Analiza, obrada i prikupljanje podataka na PDA obavlja se na isti način kao i ne mobilnim telefonima. U suštini, jedina razlika između PDA i mobilnog telefona je ta što se PDA-om ne mogu obavljati pozivi.

Forenzika Digitalnih kamera i fotoaparata

Digitalni fotoaparati i kamere su u današnje vreme isti uređaj. Prilikom njihovog pregleda najbitnije je naravno područje za čuvanje fotografija i snimaka. Iako je broj proizvođača digitalnih fotoaparata i kamera ogroman, način komunikacije i korišćena oprema je standardizovana.

Digitalne kamere koriste standardni ili mini USB priključak za spajanje sa računarom, standardne memorijske kartice kao što su Mini SD ili Compact Flash, za proširenje kapaciteta čuvanja. Većina trenutno dostupnih sistema prilikom istrage tretira se kao samo još jedna jedinica za čuvanje podataka olakšavajući time posao forenzičarima, jer je moguće korišćenje standardnih metoda i alata za digitalnu forenziku. Kako se analize i pretrage sprovode preko USB porta, potrebno je omogućiti opciju zabrane pisanja po mediju, kako se prilikom analize podaci ne bi slučajno modifikovali. Isto pravilo važi i za čitanje ili prenos podataka sa memorijskih kartica (Swaminathan i dr., 2009).

Kao i kod digitalnih kamera, većina digitalnih audio uređaja kao što su MP playeri, ili iPod-ovi, tretiraju se kao mediji za čuvanje podataka pa se shodno tome i obrađuju forenzičkim alatima.

Izbor alata za forenzičku obradu

Područje mobilne forenzike još uvek je relativno novo pa zato ne postoji samo jedan alat ili skup alata koji bi pokrio sve moguće situacije.

Digitalna forenzika deli se na dva načina akvizicije podataka: fizičku i logičku akviziciju.

Tehnike mobilne forenzike prate isti format, ali zbog velikog broja postojećih platformi, logička forenzička akvizicija je tip koji se najčešće sprovodi. Očigledno se ovaj tip akvizicije koristi zato što forenzički softver koristi operativni sistem mobilnog uređaja za izvlačenje podataka. Fizička akvizicija podataka ima prednost nad logičkom, jer je sa njom moguće izvući podatke koje operativni sistem ne vidi ili im nema pristup.

Primarno područje delovanja mobilne forenzike je da se bavi akvizicijom podataka sa mobilnih telefona. Ali alati korišćeni za akviziciju mobilnih telefona, mogu se koristiti i na PDA uređajima. Alati za mobilnu forenziku dele se na dve grupe: GSM i CDMA tipovima za akviziciju. Drugim rečima, neki forenzički alati rade samo analizu uređaja, dok neki i uređaja i SIM kartice. Postoje alati koji su toliko specijalizovani da rade samo na određenom tipu mobilnog uređaja.

Najpoznatiji i najčešće korišćeni, mada ne i jedni alati kojima se obrađuju mobilni uređaji i SIM kartice su:

1. Paraben,
2. Logicube,
3. CellDEK kit,

4. Crownhill,
5. Inside Out Forensics i
4. Xygen software.

Parabenov skup alata za mobilne uređaje pokriva područja od Palm uređaja sve do Garmin GPS (Nolan, 2005).

Uređaji koji se koriste u mobilnoj forenzici

Izbor tipa forenzičkog uređaja koji će se koristiti za mobilnu forenziku prilično se razlikuje od standardne opreme za računarsku forenziku. Osnovni razlog zašto je to tako je tome što se ovde radi sa većim brojem različitih tipova mobilnih aparata za bežično komuniciranje.

Jedan vid sastava osnovnog kompleta bio bi:

1. Faradejev kavez – sprečava komunikaciju mobilnih uređaja sa spoljašnjim bežičnim uređajima, tako što vrši presretanje radio talasa, pa se ponaša kao velika spoljašnja antena, koja preusmerava radio signal od mobilnog uređaja. Znači, sprečava primanje i slanje podataka i vrši izolaciju uređaja. U okruženju mobilne forenzike, izolacija uređaja prvi je korak pre početka istraživanja,
2. Čitači SIM kartica,
3. Čitači SD kartica i
4. Spojni kablovi za povezivanje sa računarom i energetske kablovi za punjenje baterija.

Izolovanje mobilnih uređaja

Kada se vrši istraga mobilnog uređaja on mora biti izolovan ne samo od drugih mobilnih telefona, već i od bilo kakve komunikacije korišćenjem bluetootha, WiFi-a ili infracrvene komunikacije. Takođe se mora izbeći kontaminacija podataka na mobilnom uređaju nakon što je zaplenjen. Ovo iz sledećih razloga:

1. Praktični: forenzičar ne želi da mu podatke i moguće dokaze prebrišu ili prekriju novi podaci,
2. Bezbednosni: postoji više tipova uređaja i mehanizama pomoću kojih je moguće zaključati ili uništiti uređaj iz daljine i
3. Legalni: sud će odbaciti sakupljene dokaze ukoliko postoji sumnja u njihov integritet.

Mobilni telefon može biti izolovan na nekoliko načina:

1. Potpunom izolacijom bežične komunikacije korišćenjem Faradejevog kaveza ili nekog uređaja za ometanje. Ovaj način izolacije funkcioniše do trenutka kada se isprazni baterija uređaja. Imajući u vidu da većina

uređaja povećava snagu odašiljanja prilikom pokušaja spajanja, baterija se samim tim brže prazni,

2. Isključivanjem uređaja i

3. Postavljanjem uređaja u avionski režim rada u kome su isključeni svi bežični načini komunikacije. Mana ovog pristupa je potreba interakcije sa uređajem pa se samim tim rizikuje mogućnost promene dela podataka (Volonino, Anzaldua, 2008).

Pronalaženje mobilnih podataka

Sledeći korak nakon što je izvršena izolacija telefona je da se baterija održava, punom čime se izbegava rizik gubljenja podataka smeštenih u radnoj memoriji (ROM). Nakon toga sledi pronalaženje traženih informacija.

Bez obzira da li se radi o GSM ili CDMA uređajima, procedure izvlačenja podataka se malo razlikuju. Ako se radi preko SIM kartica, one se prvo kloniraju, ili se izradi imidž podataka korišćenjem čitača kartica. Tada se mora voditi računa da se onemoguću bilo kakvo pisanje na originalni medij.

Nakon izvlačenja podataka za analizu, forenzički alati izvršavaju „pronađi i dohvati“ automatizovane softverske funkcije.

Kada se podaci izvlače iz samog uređaja, procedure se ne razlikuju se od onih koje se koriste kod SIM akvizicije (Nolan, 2005).

Zaključak

Digitalna forenzika nastala kao izazov novim metodama, algoritmima i alatima za kriminal na polju digitalnih medija, nastoji da sa jedne strane onemogući ili bar oteža kriminalne radnje, a da sa druge strane, ako do njih i dođe omogući nadležnim institucijama brzo reagovanje. Sve je veći broj antifo-renzičkih alata koji su u mogućnosti da zavaraju forenzičke alate, sve je veći broj kriminalnih radnji na, još uvek, apstraktnom polju digitalnih medija.

Ali ipak izrada falsifikata, krađa identiteta i lak dolazak do digitalnih podataka postaju stvar prošlosti, prvenstveno zbog sve većeg broja edukovanog kadra i sve sigurnijih softverskih rešenja, pa kriminalne radnje zahtevaju sve više vremena, i postaju sve kompleksniji procesi. Ipak je jedno sigurno – ti se procesi nikada neće u potpunosti zaustaviti.

Savremena tehnologija omogućava manipulaciju digitalnim medijima i promene na istima, načinima koji su pre nekoliko godina bili nemogući i nezamislivi. Sasvim je sigurno da će se upotreba i laka dostupnost do digitalnih medija sve više koristiti u kriminalne svrhe.

Kako se nastavlja razvoj tehnologije biće sve važnije da nauka digitalne forenzike drži korak s tim razvojem. Kako se razvijaju tehnike i metode za otkrivanje digitalnih prevara, razviće se i nove sofisticiranije metode izrade falsifikata koje će biti teške za otkrivanje.

Literatura

- Caloyannides, M. A., *Forensics Is So Yesterday*, IEEE Security&Privacy.
 Hany, F., Jessica, F., 2009, Image forgery detection, IEEE Signal Processing Magazine.
 Nolan, R., 2005., *First responders guide to Computer Forensics*, CERT.
 Swaminathan i dr., 2009, *Component Forensics*, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 26, No. 2.
 Volonino, L., Anzaldua, R., 2008, *Computer Forensics*, Wiley publishing inc.

FORENSICS OF MOBILE DEVICES

FIELD: Telecommunications, IT

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

The article gives an overview of the possibilities of digitized mobile (portable) devices, and the methods of analysing data from them. Although the emphasis is placed on the forensic investigation of mobile phones, other media for digital processing, transmission and storage of information are covered as well.

A special emphasis is put on the software tools in carrying out the digital data acquisition, with the aim of informing the reader on the methods of data protection, sources where they can be found and how they can be misused for criminal purposes.

Introduction

Owing to the development of scientific thought and a significant increase in number of technical and technological innovations in communications between both individuals and institutions, computers have inevitably become a base where the data on almost all human activities is kept.

Notion and the basic concepts of the forensics of mobile devices

All the possibilities of smart phones, iPods, MP3 players, Blackberries, and PDAs (Personal Digital Assistants) have not been widely recognized yet by most of their users. Nowadays mobile phones or PDAs are as powerful as computers.

Today's mobile phones are equipped with processors in gigahertz, working memories of 1GB and higher and hard disks of several GB. All mobile phones are fully functional as wireless and they include Bluetooth, infrared and 802.11 technologies.

Mobile devices in terms of forensic investigation

Most mobile devices have the ability to use external storage media such as SD cards. They are often used for data transfer from PCs to mobile devices and vice versa, thus representing an important source of potential evidence.

Aim of the use of forensic software

The goal to be achieved when using forensic software is two-fold:

- 1. Protection of the existing data on the original device - this process ensures the integrity of the collected data, and*
- 2. Installment of a mechanism that confirms integrity by calculating hash values.*

Forensics of mobile phones and SIM cards

Forensic acquisition and extraction of data from mobile phones is one of the most demanding procedures of investigation, due to rapid changes in hardware and software structures and a large number of non-standard devices on the market.

Forensics of mobile networks

The most important for a forensic scientist to know is which type of network a mobile phone is connected to.

Forensics of mobile devices

After establishing a network in which a particular mobile phone works, the next step is to identify a type of the mobile device in order to determine its features and capabilities.

The identification of the mobile phone type is conducted by searching manufacturers, device serial numbers to be usually found under the battery, the synchronization software and manufacturer codes. Manufacturer codes contain data on manufacturer's name, model, country of production and they are usually found in the same area where the serial number is.

Forensics of SIM cards

SIMs (Subscriber Identity Modules) are used in GSM and IDEN networks. They allow the user to transfer data such as phonebooks, messages and user authentication between mobile phones. The user can change mobile phones, but he can still be tracked through his SIM card. To avoid contamination of evidence, it is not recommended to access the phone using another SIM card.

Forensics of digital cameras and camcorders

Nowadays digital cameras and camcorders are the same device. During their inspection, the most important is the area for storing photos and videos. Although there are numerous manufacturers of digital cameras and camcorders, the mode of communication and the used equipment are standardized.

The choice of tools for forensic processing

The area of mobile forensics is still relatively new; therefore, there is no single tool or a set of tools to cover all possible situations.

Digital forensics is divided into two data acquisition modes: physical and logical acquisition.

Devices used in mobile forensics

The choice of a type of forensic equipment to be used for mobile forensics is quite different from standard equipment for computer forensics due to numerous different types of mobile devices for wireless communication.

Isolation of mobile devices

A mobile device under investigation must be isolated not only from other mobile phones, but also from any communication via Bluetooth, WiFi, or infrared communication. It is also necessary to avoid data contamination on the device after it has been seized.

Finding mobile data

The next step after the phone isolation is to keep the battery full in order to avoid the risk of losing data stored in the working memory (ROM). The particular information is searched for afterwards.

Conclusion

Digital forensics emerged as a challenge to new methods, algorithms and tools for crime in the area of digital media. It aims at preventing or making criminal actions less possible, and, if a criminal activity has already happened, it enables a fast response of competent institutions. Antiforensic tools and criminal activities are on the constant increase in a still abstract field of digital media.

Key words: *forensics, digital forensics, mobile communications, mobile devices.*

Datum prijema članka/Paper received on: 04. 01. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on: 27. 01. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 29. 01. 2012.

FORENZIKA RAČUNARSKIH MREŽA

Ratomir Đ. Đokić, Milorad S. Markagić,
Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,
Katedra telekomunikacija i informatike, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-1493

OBLAST: telekomunikacije, informatika

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Digitalna forenzika predstavlja skup naučnih metoda i postupaka za prikupljanje, analizu i prezentaciju dokaza koji se mogu pronaći na računarima, serverima, računarskim mrežama, bazama podataka, mobilnim uređajima, kao i svim ostalim elektronskim uređajima na kojima je moguće memorisati (sačuvati) podatke.

Digitalna forenzika računarskih mreža bavi se analizom digitalnih dokaza koji se mogu naći na serverima ili korisničkim uređajima, a koji su razmenjeni internom ili eksternom komunikacijom preko lokalne ili javne mreže. Takođe, javlja se potreba i za utvrđivanjem mesta i načina nastanka poruke, utvrđivanja identifikacije korisnika, kao i otkrivanjem vrste manipulacija putem logovanja na korisnički nalog. U ovom radu prikazani su osnovni elementi računarskih mreža, programi koji se koriste za komunikaciju i opisane metode prikupljanja digitalnih dokaza i njihove analize.

Ključne reči: forenzika, serveri, digitalizacija, računarske mreže.

Uvod

Osnovno polje delovanja digitalne forenzike je polje rekonstrukcije oštećenih i pronalaženje skrivenih ili šifrovanih podataka.

Mrežna forenzika, kao deo digitalne forenzike, bavi se bezbednošću mreža, otkrivanjem napada, neovlašćenih pristupa i zloupotrebi mreža.

Sve istrage o napadima na mreže ili neovlašćenim upadima u mrežu tretiraju se kao istrage u polju mrežne forenzike.

Osnovni problemi koji se javljaju prilikom ove istrage jesu kako zaustaviti upad u mrežu, a pritom sačuvati neoštećene dokaze za kasniju analizu ili upotrebu na sudu.

Mrežna forenzika ispituje podatke koji se menjaju u realnom vremenu, sa ogromnim količinama podataka koji se mogu naći u protoku ili memorisati (sačuvati) na mreži bez prekoračenja kapaciteta. Mreže su, u stvari, saobraćajnice digitalnog prenosa podataka velikog kapaciteta, što forenzičku istragu čini veoma teškom i zahtevnom (Caloyannides, 2009).

U upotrebi je veliki broj javno dostupnih antiforenzičkih alata, koji po svojoj prirodi nisu namenjeni za nedozvoljene radnje, ali ih korisnici maksimalno eksploatišu, pa se velika količina digitalnih dokaza nepovratno gubi.

Mesto i uloga forenzike računarskih mreža

Sistemi za otkrivanje upada na mrežu (Intrusion Detection Systems-IDS) mogu pronaći i pratiti mrežne informacije, ali se forenzičkim alatima dopunski može sprovesti analiza vremenskog toka mrežnog saobraćaja, rekonstrukcija elektronskih poruka, analiza metapodataka ili analiza paketa odnosno okvira, da bi se matematičkim metodama dokazalo da podaci nisu promenjeni od momenta kada su pronađeni i snimljeni.

Sledeći aspekt mrežne forenzike je skup forenzičkih softvera koji deluju na mrežu, a imaju iste metode i postupke kao da se vrši forenzička obrada računara. To znači da je moguće sprovesti forenzičku analizu preko mreže, a da pri tome nije neophodan fizički pristup istraživanom uređaju.

Naravno da je veoma važno napomenuti da je forenzička istraga preko mreže tehnološki izvodljiva, ali treba uzeti u obzir zakonska ograničenja, pre svega onih koji regulišu privatnost komunikacija i privatnost podataka o ličnosti.

Svi poznati mrežni sistemi su standardizovani u velikoj meri, pa je time olakšana istraga, jer je moguća primena istih alata prilikom analiza svih sistema i mreža.

Osnovna struktura rada mrežnog forenzičkog sistema zasnovana je na klijent-server odnosu.

Na serverima se nalaze svi podaci, a klijenti spojeni na neki od servera preuzimaju i primaju podatke sa njega. U forenzici računarskih mreža ovaj je model pretrpeo izvesne promene, tako da umesto da klijent komunicira sa serverom, to čini agent. Pri tome agenti ili senzori prenose informacije serveru.

Prilikom upotrebe mrežnih forenzičkih agenata, pri prosleđivanju podataka aktivirane su zaštitne mere koje onemogućavaju menjanje podataka prilikom tranzita i proveru da li su podaci sumnjivi ili sigurni sa tehničko-tehnološkog stanovišta. Agenti se koriste u korisničkim računarima, dok se senzori smeštaju na mrežnoj opremi u usmerivačima ili preklopniciima.

Mrežni forenzički alati mogu se razvrstati u nekoliko grupa.

1. Server za upravljanje i kontrolu (Command and control server) upravlja operacijama mrežnih forenzičkih alata, pa u većini slučajeva dolazi s GUI programskim paketom preko kojega je moguća jednostavna komunikacija sa svim delovima mrežnog forenzičkog sistema. Iz tog servera postavljaju se programski agenti, akvizicijski parametri, dobavlja se slika, te sve ostale akcije prikupljanja i analize.

2. Server za čuvanje (storage server) služi za čuvanje svih podataka preuzetih sa mrežnih izvora. Podaci prikupljeni od agenata i senzora se ispituju, forenzički autentifikuju i tek tada smeštaju u objekat čuvanja. Velikim količinama podataka na tim serverima upravljaju baze podataka (SQL).

3. Agenti, od kojih većina nije veća od 200 KB, te rade u prikrivenom načinu rada, prikupljaju i podatke koje OS ne vidi ili do kojih nema pristupa, a razmešteni su po istraživanim sistemima ili mrežama. Softver forenzičkih agenata može se maskirati kao jedan od standardno korišćenih programa, a svoje informacije šalje kriptovano, čak i nasumičnim redosledom kako bi se zamaskirao pravi tok podataka. Ukoliko je potrebno preneti veliku količinu podataka, kako bi njihov prenos ostao neprimećen, forenzički softver se podešava tako da prenos obavlja onda kada je saobraćaj na mreži minimalan.

Većina mrežnih uređaja je standardizovana u interakciji sa drugim mrežnim uređajima, ali unutar svakog tipa takvog uređaja, kao što su usmerivači, preklopnici ili privatna čvorišta (Hub), postoje mnoge varijacije konfiguracija i mogućnosti postavki.

Kategorizacija podataka

Tipovi podataka koji se mogu otkriti koristeći mrežne forenzičke alate variraju od forenzičkih kopija tvrdog diska do dnevnika usmerivača.

Podaci se prikupljaju sa određenih uređaja. To su:

- host računar. Sprovodi se standardna forenzička akvizicija - image uređaja za čuvanje podataka, sadržaj radne memorije, statički dokazi fizički locirani unutar dosega agenata. Svi ovi podaci prebacuju se na forenzički server. Dodatno se sakupljaju i podaci u stvarnom vremenu koji se nalaze u mrežnoj kartici računara. Host računari su radne stanice, ali i serveri (mrežni, server elektronske pošte, serveri baza podataka...).

- usmerivač (Router). Dizajniran je za prenos podataka između mreža. Tipovi informacija koje se nalaze na usmerivaču vezane su uz dnevnike saobraćaja, čuvanje mrežnih razgovora ili dokumenata. Dnevnici saobraćaja sadrže greške koje su se dogodile tokom usmeravanja i statusne informacije komponenti usmerivača. Usmerivači čuvaju određen broj IP i MAC adresa koje vode do ostalih mreža i host računara (Swaminathan, et al., 2009), (Carrier, 2009).

- zaštitni zid (firewall). Sadrži detaljne dnevnike aktivnosti na sistemu, kao što su pokušaji napada, neovlašćenog pristupa, nedostavljenih paketa, bezbednosna pravila, aplikacije koje imaju ili nemaju dozvolu komuniciranja s mrežom ili primanja podataka s mreže, izvore sumnjivih akcija, protokole i servise koji se aktiviraju pri pokušaju neovlašćenog upada, kao i napadačevu IP adresu.

- preklopnik (switch). Korisne informacije nalaze se u sadržajnoj adresabilnoj memoriji (Content addressable memory – CAM). U njoj su smeštene informacije o pridruživanju MAC adresa specifičnim portovima,

kao i podaci o virtualnim lokanim mrežama (Virtual local area network – VLAN). Preklopnici ne vode dnevnike aktivnosti, zbog toga što ne poseduju dovoljno memorijskih ili procesorskih kapaciteta, ali su korisni za dodavanje mrežnih ogledala, koja se koriste za kopiranje tokova podataka u stvarnom vremenu (Swaminathan, et al., 2009), (Caloyannides, 2009).

- sistemi za otkrivanje upada (IDS). U IDS dnevnicima sadržane su sve aktivnosti procenjene kao sumnjive. Ovi dnevnici služe za naknadnu analizu i otkrivanja načina sprečavanja sličnih sumnjivih događaja u budućnosti. U njima su sadržane sledeće informacije: rezultati skeniranja portova, saobraćaj koji dolazi sa nepoznatih portova ili sumnjivih protokola, prepoznate pretnje kao što su crvi, virusi ili neovlašćeni pokušaji pristupa mreži, anonimni pokušaji korišćenja FTP servisa mreže i IP adrese napadača.

- sistem za sprečavanje upada (Intrusion prevention system – IPS).

Sistem blokira ili gasi primećene potencijalne pretnje na mreži. IPS u dnevnicima zapisuje gotovo iste tipove informacija kao i IDS, ali je njegov glavni zadatak analiza podataka na mreži u realnom vremenu i utvrđivanje potencijalnih pretnji sistemu:

- mrežni štampači. U dnevnicima štampača mogu se pronaći dokumenti, slike i ostale informacije poslate na štampanje, ponekad i sa pripadajućim metapodacima. Na većinu današnjih mrežnih štampača moguće je postaviti agenta koji će presretati sve podatke poslane na njega.

- mrežni uređaj za kopiranje. U njegovim se dnevnicima mogu pronaći slične informacije kao i kod mrežnih štampača.

- bežične tačke pristupa (Wireless access point – WAP). Dnevnici sadrže sve informacije kao i kod žičanog usmerivača, sa dodatkom informacija kao što su SSID i dolazne pristupne veze.

Rekonstrukcija događaja sa podacima o saobraćaju na mrežama

Većina mrežnih forenzičkih alata analiziraju prikupljene podatke i rekonstruišu događaje i vremenski tok automatizovanim procesima, ali je ipak poželjno da istražitelj razume osnovne koncepte i način na koji je alat došao do tih rezultata.

Prvi korak u analizi prikupljenih podataka je korelacija vremenskih oznaka prikupljenih iz različitih izvora, i za iste i za povezane podatke. Dave Mills, University of Delaware, razvio je protokol koji sinhronizuje sve uređaje na mreži, te time otklanja potrebu ručnog postavljanja vremenskih funkcija svake mrežne komponente. Protokol mrežnog vremena (Network Time Protocol – NTP) održava vremenska podešenja svih mrežnih komponenti tačnosti jedne milisekunde od koordiniranog univerzalnog vremena (Coordinated Universal Time – UTC), (Caloyannides, 2009).

Mrežna komunikacija oslanja se na precizne vremenske oznake kako bi sve izmene podataka funkcionisale ispravno; preciznost je veoma važna u sinhronizovanim mrežama velike brzine, finansijskim softverima, poslovnim komunikacijama, bezbednosnim i vojnim aplikacijama i sl.

Mrežne komponente, osim IDS i IPS i njima sličnih sistema, samo prosleđuju pakete i podatke do njihovog odredišta. IPS sistemi vrše analizu podataka kako bi utvrdili da li postoji pretnja odredišnom računaru, a za podatke se uglavnom brine host računar mreže.

Host računar koristi Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) za slaganje tokova podataka u razumnu celinu. Podaci se protokolom razlažu na pakete i šalju do odredišta, gde se sastavljaju korišćenjem sekvencijskih brojeva i potvrda. Istražitelj može ponovo sastaviti pakete uhvaćene na mreži korišćenjem njihovih sekvencijskih brojeva.

Prepoznavanje tokova podataka

Jedan od načina raspoznavanja jednog toka podataka od drugog jeste pregled korišćenog protokola pomoću kojeg su podaci poslani. Broj dostupnih protokola zaista je veliki, ali većina proizvođača softvera koristi standardne protokole kako bi se osigurala kompatibilnost u mrežama (Caloyannides, 2009).

Najčešće korišćeni mrežni protokoli su:

- ARP (Address Resolution Protocol): pronalazi MAC adresu na temelju IP adrese drugog hosta,
- ICMP (Internet Control Message Protocol): šalje poruke greške i ostalih informacija,
- IPS (Internet Protocol Security): bezbednosni protokol koji kriptuje ili autentifikuje pakete podataka,
- BitTorrent: koriste ga peer-to-peer mreže za prenos velikih količina podataka,
- DNS (Domain Name System): prevodi IP adrese u lakše čitljiva imena,
- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol): host računari koriste ovaj protokol za dobijanje IP adresa na mreži,
- FTP (File Transfer Protocol): pomaže prelazu podataka sa jednog host računara na drugi, preko mreže,
- HTTP (Hyper Text Transfer Protocol): prenosi podatke kao što su internet stranice sa jednog host računara na drugi,
- IMAP (Internet Message Access Protocol): koristi se u sistemima elektronske pošte,
- NTP (Network Time Protocol),
- POP3 (Post Office Protocol version 3): protokol elektronske pošte koji pribavlja elektronske poruke sa mreže,
- SSH (Secure SHell): stvara siguran kanal između host računara na mreži,
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol): protokol elektronske pošte, korišćen za njeno slanje preko mreže.

Mrežni forenzički alati

Mrežni alati sakupljaju podatke iz već postojećih dnevnika aktivnosti komponenti mreže ili se instaliraju na mrežu radi sakupljanja podataka u realnom vremenu.

Mrežni ispitni pristupi

Test Access Port – TAP, ključni su u mrežama koje sadrže preklop-nike, zbog toga što preklopnici prosleđuju podatke samo među portovima koji aktivno komuniciraju.

Mrežni TAP ugrađuje se direktno na mrežni medij, pa može nadzirati sav saobraćaj koji dolazi i izlazi iz preklopnika na svim portovima (Nolan, et al., 2005). Kada podaci stignu do preklopnika, kopira se celi tok podataka, a oni nesmetano nastavljaju put ka odredištu.

Mrežni TAP može se smatrati stostrani hub velike brzine, jer mu ne trebaju IP ili MAC adrese, zbog toga što samo kopira podatke, i to sve od loše formiranih paketa do VLAN informacija. Moguće ga je instalirati na mreže ostvarene optičkim kablovima, standardnim kablovima, pa čak i WAN (Wide Area Network). Omogućava istovremeno kopiranje podataka sa obe strane razmene podataka na mreži. TAP portovi ne zahtevaju dodeljivanje adresa i nevidljivi su svim učesnicima u razmeni podataka na mreži. Time nisu ni podložni napadima, jer čak i ako neko primeti mala kašnjenja prilikom dostave podataka, nema načina da pronađe uzrok. Nedostatak TAP portova jeste da kopiraju sve, pa ukoliko istražilac ne filtrira podatke, memorisanje celokupnog materijala može biti problematično. Drugi nedostatak je da udvostručuje količinu saobraćaja na mreži ukoliko se koristi ista mreža koja se nadzire za prebacivanje podataka na medij za čuvanje.

Ogledala

Mrežni usmerivači i preklopnici koriste višestruke portove. Preslikavanje portova koristi se kada je potrebno svesti saobraćaj na jedan port gde IDS analizira saobraćaj i pronalazi potencijalno opasne podatke ili alat za forenzičku analizu i bezbednost.

Način na koji preklopnik ili usmerivač prenosi podatke sa jednog porta na drugi, i kojom se brzinom radi, ograničavaju i korisnost ogledala (Mirrors). Na mrežama velike brzine gubljenje podataka zbog kolizija i odbačenih podataka povećava se porastom saobraćaja na mreži. Ukoliko se u tom slučaju sav saobraćaj ogleda na jednom portu, mrežni se uređaj zakrči podacima (Nolan, et al., 2005). Najčešća upotreba ogledala na portovima je kopiranje mrežnog saobraćaja određenog računara ili korisnika. Ogledalu je moguće pristupiti sa udaljene lokacije, pa je ranjivo za napade i promene konfiguracija.

Promiskuitetni NIC

Ova metoda prikupljanja i nadziranja podataka se ne koristi baš često. NIC je kartica mrežnog sistema, a dualan spoj na mrežu omogućava nadzor i skeniranje mrežnog saobraćaja. Jedna od prednosti korišćenja ovog tipa TAP-a jeste da je ugrađen direktno u računar istražioca, pa se podaci ne moraju prenositi preko mreže do medija za čuvanje. Ova činjenica predstavlja i njegov nedostatak, jer nije efektivno mobilan.

Bežične mreže

U mrežama ostvarenim kablovima ili optičkim vlaknima informacije su zarobljene u tom kابلu, te ukoliko neko želi pristup tim informacijama mora se fizički spojiti na mrežu. Bežične mreže šalju sve informacije vazдушnim putem, i svako sa antenom pri ruci može kopirati i sačuvati poslate podatke (Volonino, Anzaldua, 2008). TAP mora biti pasivan sistem kako bi prikrrio svoje postojanje i bio zaštićen od napada. Sa stanovišta uređaja, može se koristiti bilo šta što je sposobno da prima podatke na datoj frekvenciji, kao što su NIC kartice ili primalac radio-frekvencija.

Važan aspekt pregleda mrežnog saobraćaja jeste koji se tip softvera koristi za pregled i analizu podataka. Prenosni računar sa bežičnom karticom može snimati mrežni saobraćaj, jer već poseduje ugrađene protokole koji prevode bežični signal u digitalni kôd koji OS razume.

Program po imenu Kismet koristi NIC kartice i može raditi pod različitim operativnim sistemima. On generiše dnevnik koji su kompatibilni sa većinom IDS i forenzičkih sistema, pa time olakšava analizu prikupljenih podataka. Treba imati na umu da su podaci koji putuju između bežičnih tačaka pristupa paketi. Ali, ako se podaci presretnu pre nego što napuste bežičnu tačku pristupa, ili nakon što stignu u nju, snimaju se u originalnom obliku.

Zaključak

Današnja komunikacija među pojedincima i organizacijama nezamisliva je bez upotrebe javnih elektronskih mreža. Sa jedne strane, olakšana je komunikacija i broj i količina podataka za prenos se vrtoglavo uvećavaju, a, sa druge strane, razvoj naučne misli, tehnoloških ostvarenja i ogroman broj softverskih alata omogućavaju lak dostup do informacija na mrežama.

Zbog lakoće dostupnosti hardvera i softvera, velikom broju počinilaca kriminalnih radnji omogućen je lak prodor u informacijske mreže.

Zadatak istražioca na ovom polju jeste da se onemogući neprihvatljivo delovanje na mreže ili, ako do njega ipak dođe, da se otkriju efekti učinjene štete i otklone posledice, kao i da se otkrije počinilac.

Literatura

- Caloyannides, M. A., 2009, Forensics Is So Yesterday, IEEE Security & Privacy, Vol. 7, No. 2.
- Carrier, B. D., 2009, Digital forensics works, IEEE Security & Privacy, Vol. 7, No. 2.
- Nolan, R., Branson, J., Wait, C., O'Sullivan, C., 2005, First responders guide to Computer Forensics, CERT.
- Swaminathan, A., Min Wu, K. J., Liu, R., 2009, Component Forensics, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 26, No. 2.
- Volonino, L., Anzaldúa, R., 2008, Computer Forensics, Wiley Publishing Inc.

COMPUTER NETWORKS FORENSICS

FIELD: Telecommunications, IT
ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Digital forensics is a set of scientific methods and procedures for collection, analysis and presentation of evidence that can be found on computers, servers, computer networks, databases, mobile devices as well as on all other devices where data can be stored (saved).

Digital forensics of computer networks is an examination of digital evidence that can be found on servers and user devices, when the evidence is exchanged by internal or external communication through local or public networks. There is also a need for identifying sites and modes of message origins, for establishing user identifications, and for detecting types of manipulation by logging into user accounts. This paper presents the basic elements of computer networks, the software used for communication and the methods of collecting digital evidence and its analysis.

Introduction

The primary field of activity is the field of digital forensic reconstruction of damaged data and finding hidden or encrypted data.

Network forensics as a part of digital forensics deals with network security, intrusion detection, unauthorized access and misuse of networks.

All investigations into attacks on the network or unauthorized intrusions into the network are treated as an investigation in the field of network forensics.

Place and role of the forensics of computer networks

Network Intrusion Detection Systems (IDS), can find and track network information; forensic tools can be used for additional analyses of time flow of network traffic, for reconstruction of electronic messages, for metadata analyses and for analyses of packets and frames in order to prove by mathematical methods that data has not been changed from the moment it was found and recorded.

Another aspect of network forensics is a set of forensic software that operates on a network and has the same methods and procedures as in computer forensic processing. This means that it is possible to carry out a forensic analysis over a network without being required to have physical access to the examined device.

Categorization of data

Data types that can be detected using network forensic tools range from forensic copies of the hard disk to the log router.

Data is collected with the following devices: Host computer, Router, Firewall, Switch, Intrusion Detection Systems (IDS), Intrusion Prevention System (IPS), Network printers and Network copiers.

Reconstruction of events with the data on network traffic

Most network forensic tools analyse the data and reconstruct events and the time course through automated processes, but it is still advisable for the investigator to understand the basic concepts and the methods which the tool uses to obtain the results.

Data flow identifying

One way of distinguishing one data flow from another, is a review of the protocol by which data is sent.

There are numerous protocols available, but most software vendors use standard protocols to ensure compatibility across networks.

Network forensic tools

Network tools collect data from existing activity logs of network components, or they are installed on a network with the aim of collecting data in real time.

Network Test Access

Mirrors

Promiscuous NIC

Wireless networks

In networks with cables or optic fibers, the information is captured within the cable, so if someone wants an access to this information they must be physically connected to the network. Wireless networks send all information by air, and anyone with an antenna at hand can copy and save the sent data. A TAP must be a passive system in order to conceal its existence and protect itself against attacks. Regarding devices, anything capable of receiving data at a given frequency, such as NIC cards or radio frequency receivers, can be used.

Conclusion

The present communication among individuals and organizations is unthinkable without the use of public electronic networks. On the one hand, communication is facilitated and the number and the amount of

data to be transferred are increasing fast; on the other hand, the development of science, technological achievements and a huge number of software tools provide an easy access to information on networks.

Keywords: forensics, servers, digitalization, computer networks.

Datum prijema članka/Paper received on: 08. 02. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 28. 02. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 02. 03. 2012.

USLOVI PATENTIBILNOSTI ZA ZAŠTITU PRONALAZAKA

Obrad T. Čabarkapa, Dalibor P. Petrović, Marina S. Dunjić,
Ministarstvo odbrane Republike Srbije,
Uprava za stratezijsko planiranje, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-1595

OBLAST: autorsko i patentno pravo
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Pronalasci se javljaju kao jedan od rezultata stvaralačkog rada koji se štite patentom ili malim patentom, pod uslovom da je podneta patentna prijava.

Pronalasci su vrsta inovacija koji imaju tehnički karakter, jer nude rešenja nekog tehničkog problema i mogu da se odnose na bilo koju oblast tehnike. U osnovi pronalaska su određene tehničke karakteristike, kao predmet (tačno definisan kroz patentne zahteve), za koje se traži zaštita. Patentna zaštita je pravo koje se priznaje njegovom nosiocu sa ciljem ekonomskog iskorišćavanja pronalaska. Da bi neki pronalazak dobio patentnu zaštitu mora da bude patentibilan odnosno da ispunjava sledeće uslove: postojanje pronalaska, novost, inventivni nivo i industrijska primenljivost pronalaska. Uopšte, kod ispitivanja ovih uslova, treba poći od nacionalne zakonske regulative iz oblasti patentne zaštite, koja precizira šta se sve ne smatra pronalaskom i šta se ne može štititi patentom odnosno malim patentom.

Ispitivanje uslova patentibilnosti vrši se u određenoj fazi postupka ispitivanja prijave patenta od strane stručnih lica iz oblasti tehnike na koju se pronalazak odnosi. Ako su ispunjeni svi zahtevani uslovi, kaže se da je pronalazak patentibilan i da se može vršiti njegova patentna zaštita.

Ključne reči: pronalazak, patentibilnost, patent, mali patent, novost pronalaska, inventivni nivo pronalaska, industrijska primenljivost pronalaska, zaštita.

Uvod

Kao krajnji cilj primene rezultata naučnoistraživačkog rada nastaju inovacije. Da bi se u toku stvaralačkog rada došlo do inovacije, potrebno je uz primenu otkrića i vlastitih saznanja, uspostaviti sopstveni koncept, ideju ili metod za njeno stvaranje. Pod inovacijom se smatraju novi proizvodi, procesi, tehnologije i usluge sa unikatnim svojstvima.

Rezultati stvaralačkog rada obuhvataju: pronalaski (štite se patentom ili malim patentom); tehnička unapređenja; industrijske modele, dizajn i uzorke; know-how; biljne sorte i topografiju integrisanih kola.

Pod inovacijama u sistemu odbrane podrazumevaju se pronalasci¹ i tehnička unapređenja.

Nauka je u uskoj vezi sa pronalazaštvom, uz istovremeno postojanje brojnih suštinskih razlika između ova dva pojma. Tako se npr. pravo na patentnu zaštitu zadovoljava odgovorom na pitanje kako nešto funkcioniše, dok odgovor na pitanje zašto tako funkcioniše prepušta nauci.

Da bi bilo koji pronalazak dobio zaštitu u obliku patenta, neophodno je da ispunjava određene uslove. Pod tim uslovima se generički posmatra *patentibilnost pronalaska*. Postoje četiri osnovna uslova patentibilnosti:

1. neophodno je da postoji „pronazak“,
2. pronalazak mora biti „nov“,
3. pronalazak mora da ima „inventivni nivo“ i
4. pronalazak mora biti „industrijski primenljiv“.

Da bi od strane nadležnog državnog organa za zaštitu intelektualne svojine² bio priznat patent odnosno mali patent za pronalazak koji je predmet patentne zaštite, neophodno je utvrditi „kumulativno“ ispunjenje svih napred navedenih uslova. Ispunjenje uslova patentibilnosti se vrši u fazi suštinskog ispitivanja prijave patenta, od strane „ispitivača“ – stručnih lica za određenu oblast tehnike na koju se pronalazak odnosi.

Za patentnu zaštitu poverljivih pronalazaka, postupak ispitivanja uslova patentibilnosti vrši se u fazi suštinskog ispitivanja od strane stručne komisije koja se posebno formira.³ Stručnu pomoć za potrebe rada ove komisije, od strane Zavoda, obezbeđuje UJ MO nadležna za poslove patentne zaštite poverljivih pronalazaka.

Postojanje pronalaska

Pronalazak je tehničko rešenje nekog problema koje mora biti novo, inventivno i primenljivo. Pronalasci se međusobno razlikuju po stepenu inventivnosti i predmetu zaštite. Oni su rezultat duhovnog stvaralaštva tehničke prirode od strane pojedinaca ili grupe ljudi koji se primenjuju u oblasti industrijske ili zanatske proizvodnje. Pronalazak u užem smislu

¹ Pronalasci koji su od značaja za odbranu i bezbednost zemlje nazivaju se „poverljivim pronalascima“. Nacionalnim propisima je regulisano da se postupak ispitivanja i patentne zaštite ovih pronalazaka vrši u Unutrašnjoj jedinici Ministarstva odbrane (UJ MO) nadležnoj za poslove naučne i inventivne delatnosti.

² Reč je o Zavodu za intelektualnu svojinu Republike Srbije.

³ Postupak ispitivanja poverljive prijave patenta detaljno je regulisan Pravilnikom o postupku ispitivanja poverljive prijave patenta, malog patenta i tehničkih unapređenja značajnih za odbranu i ostvarivanju prava pronalazača („Službeni vojni list“, br. 35/09).

predstavlja novo rešenje nekog tehničkog problema koje se može primeniti i iskorišćavati u nekoj od privrednih delatnosti. Pronalazak koji ispunjava sve uslove predviđene nacionalnim pozitivnim propisima za dobijanje pravne zaštite dobija pravnu zaštitu u toj zemlji u obliku patenta.

Patent je ekskluzivno pravo koje se priznaje za pronalazak iz bilo koje oblasti tehnike, koji predstavlja novo tehničko rešenje određenog problema, koje ima inventivni nivo i koje je primenljivo u industriji. Postoje i pronalasci nižeg inventivnog nivoa od onog za koje se zakonskim propisima traži dobijanje patentne zaštite.⁴ Ovi pronalasci su tehničke prirode koji imaju niži inventivni nivo i moraju da ispunjavaju uslove novosti i primenjivosti u proizvodnji.

Pronalasci koji se štite patentom⁵ ili malim patentom kao i ostali oblici industrijske svojine (žigovi, dizajn, oznake geografskog porekla, topografija integrisanih kola,...), imaju osnovnu svrhu da obezbede zaštitu ulaganja u razvoj novih tehnologija. Ova vrsta industrijske svojine se prvenstveno štiti da bi se stimulisalo stvaranje inovacija i ukupnog tehnološkog stvaralaštva. Kada se ovi oblici intelektualnog stvaralaštva ne bi štitali, prestao bi interes za ulaganje ogromnih sredstava u razvoj novih tehnologija, usporio bi se tehnološki razvoj, što nikome nije u interesu.

Patenti ne samo da pružaju zaštitu svom nosiocu, već su izvor vrednih tehničkih informacija i inspiracija budućim generacijama istraživača i pronalazača.

Pored utvrđivanja uslova patentibilnosti pronalaska, u postupku ispitivanja posebno treba obratiti pažnju na sledeća dva implicitna uslova:

1) pronalazak mora imati tehnički karakter u smislu da se odnosi na bilo koju tehničku oblast. Drugim rečima, mora da se bavi tehničkim rešenjem nekog tehničkog problema i da ima određene tehničke karakteristike, koje su predmet za koji se traži zaštita definisan kroz patentne zahteve.⁶

2) na osnovu određenih podataka sadržanih u prijavi, pronalazak mora da bude takav, da se može izvesti od strane stručnjaka iz te oblasti.

Treba imati u vidu da nisu sve vrste intelektualnih dobara pronalasci. Najnovijim Zakonom o patentima⁷ nije utvrđeno šta se sve smatra pronalaskom, ali je zato navedeno šta se *ne smatra* pronalaskom i šta se ne može štititi patentom odnosno malim patentom. Radi se o: otkrićima; naučnim teorijama; matematičkim metodama; estetskim kreacijama; planovima, pravilima i postupcima za obavljanje intelektualnih delatnosti, za igranje igara ili obavljanje poslova; programi računara i prikazivanje informacija. Uočava se da su napred navedene neke stavke apstraktne prirode (npr. otkrića, naučne teorije, itd.), dok su neke van tehničkog domena (npr. estetske kreacije ili prikaz informacija).

⁴ Ovakvi pronalasci, mada ne u svim zemljama, uživaju pravnu zaštitu u vidu malog patenta

⁵ Zaštita se obično daje na određeno vreme (u slučaju patenta je najčešće 20 godina).

⁶ Patentni zahtevi su najvažniji deo patentne prijave pronalaska, koji moraju biti jasni, sažeti i podržani opisom pronalaska. Njima se ustvari definiše pronalazak odnosno određuje predmet zaštite.

⁷ Službeni glasnik RS br. 99/11 od 27. 12. 2011. godine (primenjuje se od 04. 01. 2012).

Otkriće je neprimenjeno znanje. Suština razlikovanja pronalaska od otkrića leži u činjenici da je pronalazak *primenjeno znanje* koje predstavlja materijalizaciju ideje, tj. znanje koje se koristi u svrhu zadovoljenja određene objektivne ljudske potrebe, dok je otkriće *čisto (neprimenjeno) znanje* (Marković, 1997). Dakle, razlog zašto patentno pravo isključuje otkrića iz zaštite nije u kvalitetu novosti koje to znanje ima, ili u shvatanju da je intelektualni rad koji je potreban za otkriće manji od onog koji je potreban za pronalazak, već u pravopolitičkom stavu koji se tiče obima zaštite i njenih društvenih posledica. Interesantno je da Nikolu Teslu mnogi smatraju našim najvećim naučnikom. Međutim, po opšte prihvaćenim svetskim kriterijumima vrednovanja naučnog doprinosa (broj objavljenih radova, impact faktor časopisa, indeks citiranosti i dr.) naš najveći naučnik je Milutin Milanković, dok je Nikola Tesla naš najveći pronalazač. U istoriji se veoma često dešavalo da su veliki naučnici ujedno bili i veliki pronalazači (npr. Mihailo Pupin).

Patentna zaštita za otkrića bi, s obzirom na opšti karakter svog predmeta, imala nesagledivo širok obim. To bi svima, izuzev nosiocu patenta, onemogućilo slobodu korišćenja otkrića za konkretne praktične primene, što je sa stanovišta razvojnih interesa društva neprihvatljivo. S druge strane, patentna zaštita za pronalazak (kao znanje koje je ograničeno na konkretnu praktičnu primenu), ima jedan sasvim određeni i ograničeni obim, što se sa stanovišta društvenog interesa smatra poželjnim, tj. stimulativnim za tehničko stvaralaštvo. Odnos između otkrića i pronalaska se može posmatrati i u svetlu činjenice da pronalasku prethode opšta znanja koja su rezultat otkrića.

Običnim otkrićem se smatra otkrivanje nove osobine poznatog materijala, koje nije patentibilno, jer kao takvo nema tehničkog efekta. Međutim, ako se ta osobina primeni u praksi, to je onda pronalazak koji se može patentirati.⁸

Naučne teorije su uopštenije od otkrića ali se na njih u pogledu patentibilnosti primenjuju isti principi kao i za otkrića. Neka nova naučna teorija nije patentibilna ali uređaji ili postupci na koje se ona primenjuje mogu biti rezultat priznatog patenta⁹ (Vermeesch, 2007).

Matematičke metode predstavljaju izričit primer principa da čisto apstraktni ili intelektualni metodi ne mogu biti patentirani.¹⁰

Estetske kreacije se odnose na proizvod čiji aspekti ne spadaju u oblast tehničkog domena, a ceni se po kriterijumima koji su u suštini subjektivni. U osnovi estetske kreacije je osnovna svrha komunikacija a ne tehničko rešenje problema. Ako takav proizvod ima tehničke karakteristike (npr. šara gazećeg sloja pneumatika), on može biti patentiran.

⁸ Otkriće da određeni materijal može izdržati mehanički udarac, nije patentibilno, ali železnička šina napravljena od tog materijala bi bila patentibilna.

⁹ Naprimera, Fizička teorija poluprovodljivosti nije patentibilna, međutim, novi poluprovodnički uređaji i postupci njihove proizvodnje mogu biti patentirani.

¹⁰ Primer matematičkog programa za projektovanje unutrašnjeg ožljebljenja cevi oružja nije patentibilno, ali cevi projektovane i izrađene u skladu sa ovim metodom bi bile patentibilne.

Planovi, pravila i postupci za obavljanje intelektualnih delatnosti, za igranje igara ili obavljanje poslova su takođe, primeri stvari koji imaju apstraktan, intelektualan karakter. Ovde se radi o uputstvima za psihičku aktivnost, dok pronalasci predstavljaju uputstva koja se odnose na tehniku. Ne mogu se patentirati metode koje se npr. odnose na učenje jezika, rešavanja ukrštenih reči, matematičkih zadataka ili rešavanje šahovskih problema, igre (kao apstraktan entitet definisan pravilima) ili uputstvima za organizovanje poslovanja (npr. vođenje knjigovodstva).

*Programi računara*¹¹ predstavljaju jedan vid „pronazaka koji se primenjuju na računaru“. Pod ovim se podrazumevaju računari, računarske mreže ili drugi aparati koji mogu biti programirani, gde se jedna ili više karakteristika pronalaska za koji se traži zaštita patentom, izvode pomoću jednog ili više programa. Ako računarski program poprima dodatni tehnički efekat onda je on patentibilan. Na primer, taj dodatni tehnički efekat se može ogledati u kontroli nekog industrijskog postupka ili u obradi podataka koji predstavljaju fizičke entitete, koji prevazilaze normalne fizičke interakcije između programa i računara.¹²

Prikaz informacija definisan sadržinom informacije nije patentibilan. Ako prikaz informacija sadrži nove tehničke karakteristike, nosač informacija kao i postupak ili aparat za prikazivanje informacija može sadržati patentibilan predmet¹³ (Vermeesch, 2007).

Pronalaskom se ne smatra *ljudsko telo* u bilo kom stadijumu njegovog formiranja i razvoja i otkriće nekog od njegovih elemenata (sekvence ili delimične sekvence gena).

U mnogim zemljama, pa tako i u Srbiji, patentom odnosno malim patentom se ne mogu štititi (izuzeci od patentibilnosti):

- pronalasci čije bi objavljivanje ili komercijalna upotreba bila protivna „javnom poretku“¹⁴ ili moralu;
- biotehnoški pronalasci (postupci kloniranja ljudskih bića, postupci za promenu genetskog identiteta germinativnih ćelija ljudskih bića; korišćenje ljudskih embriona u industrijske ili komercijalne svrhe i sl.);
- pronalazak hirurškog ili dijagnostičkog postupka ili postupka lečenja koji se primenjuje neposredno na ljudskom ili životinjskom telu (osim proizvoda, odnosno supstance ili kompozicije koja se primenjuje u tom postupku);

¹¹ izuzetak je patentno zakonodavstvo SAD-a.

¹² Patentni zahtevi koji se odnose na programe računara ne treba da sadrže popise programa, već da definišu karakteristike koje obezbeđuju patentibilnost postupka za čije izvođenje je program namenjen dok se izvršava.

¹³ Primeri prisustva tehničkih karakteristika: telegrafski aparat koji koristi određeni kod za prikaz znakova (npr. impulsno-kodirana modulacija), merni instrument projektovan tako da proizvodi određeni oblik grafičkog prikaza kojim se predstavlja izmerena informacija, gramofonska ploča koja sadrži brazde određenog oblika za pravljenje stereo zapisa.

¹⁴ Cilj ovoga je da se uskrati zaštita pronalascima koji mogu izazvati nemire ili narušiti javni red, ili prouzrokovati kriminalno ili drugo ponašanje (npr. nagazne mine, ...).

- biljna vrsta i životinjska rasa, ili bitno biološki postupak za dobijanje biljke ili životinje, osim mikrobiološkog postupka i proizvoda dobijenog tim postupkom.

Novost pronalaska

Novost pronalaska se definiše negativno na način da se pronalazak smatra novim ako *nije sadržan* u stanju tehnike. Pri čemu se pod *stanjem tehnike*¹⁵ podrazumeva sve što je dostupno javnosti pre datuma podnošenja prijave pronalaska na bilo koji način (pisani ili usmeni opis, upotreba ili bilo koji drugi način da se sazna kako je rešen tehnički problem). Postoje izuzeci kada se smatra pronalazak novim iako je bio sadržan u stanju tehnike u periodu do šest meseci pre podnošenja prijave. Radi se o sledećim izuzecima: 1) ako je postojala očigledna zloupotreba u odnosu na podnosioca prijave¹⁶ ili njegovog pravnog sledbenika i 2) izlaganje na zvanično priznatoj izložbi,¹⁷ pod uslovom da podnosilac prijave, prilikom podnošenja, navede da je pronalazak bio izložen i da u roku od četiri meseca dostavi odgovarajuću potvrdu.¹⁸

Za patent odnosno mali patent se traži da pronalazak ispunjava kriterijum tzv. „apsolutne novosti pronalaska“. Apsolutna novost pronalaska izražava se u tome da ne postoji nikakva vremenska i prostorna ograničenost, niti ograničenost u pogledu načina objavljivanja informacija tehničkog karaktera. Jedan pronalazak se smatra sadržanim u stanje tehnike tek ako i kad se objavi na način koji stručnjaku omogućuje da taj pronalazak realizuje, odnosno primeni. Činjenica da je negde pronalazak javno demonstriran, ali na način koji stručnjaku nije omogućio da sazna kako je rešen tehnički problem koji se nalazi u osnovi tog pronalaska, nije dovoljno da smatra da je pronalazak „ušao“ u stanje tehnike (Vuković, 2004).

Ako postoji bilo kakva razlika između pronalaska i poznatog stanja tehnike onda je prisutna novost pronalaska, i time je ispunjen jedan od uslova patentibilnosti, ali još uvek nedovoljan za priznavanje patenta ili malog patenta.

Javnost pronalaska je neophodna da bi se sprečilo dvostruko patentiranje.

Pod stanjem tehnike podrazumevaju se sve tehničke informacije, nezavisno od toga gde i kako su objavljene. Informacije se *pismenim pu-*

¹⁵ Najnovijim Zakonom o patentima, predviđeno je da se pod stanjem tehnike smatra i sadržaj svih prijava podnetih u Republici Srbiji do datuma podnošenja prijave pronalaska.

¹⁶ Radi se o slučaju neovlašćenog objavljivanja od strane drugog lica bez saglasnosti i znanja pronalazača (zloupotreba).

¹⁷ Radi se o izložbi koja je priznata po Konvenciji o međunarodnim izložbama (zaključena 22. novembra 1928 u Parizu i poslednji put revidirana 30. novembra 1972. godine).

¹⁸ Nadležni organ za zaštitu intelektualne svojine bliže propisuje sadržaj potvrde a Uverenje da je izložba ili sajam (zvanično priznatog međunarodnog karaktera) održan u Republici Srbiji izdaje Privredna komora Republike Srbije. Datum otvaranja izložbe smatra se kao datum izlaganja (moguće da je pronalazak kasnije izložen u toku izložbe, u tom slučaju se smatra taj dan kao dan izlaganja).

tem saopštavaju, po pravili, u službenom glasilu Zavoda,¹⁹ stručnoj literaturi (knjige, časopisi), zatim u novinama, popularnim naučnim časopisima i slično. Takođe, dokument u javnoj biblioteci smatra se javnim dokumentom. Pored pisanih informacija, mogući su zapisi različitih vrsta (vizuelni, zvučni, magnetni ili optički u digitalnoj formi i sl.).

Poseban problem predstavlja dokazivanje postojanja tehničkih informacija, koje su postale dostupne javnosti *usmenim putem*, odnosno upotrebom. Informacija se smatra objavljenom ako je njen izvorni imalac izvršio radnju saopštavanja iste na takav način (makar samo jednom licu), na takvom mestu i u takvo vreme da postoji objektivna mogućnost da za nju sazna neodređeni, odnosno ničim unapred određeni krug lica.

Dostupnost javnosti moguća je *putem upotrebe*. Pod upotrebom se prvenstveno podrazumevaju radnje usmerene na privrednu svrhu, gde dolaze u obzir i nekomercijalne radnje (dokument, npr. maketa se izloži na naučnom ili stručnom skupu, izložbi, u toku nastave, u muzeju i slično).

Ispitivanje novosti pronalaska obuhvata (Vuković, 2004):

- 1) utvrđivanje predmeta pronalaska i obim zaštite,
- 2) utvrđivanje datuma podnošenja prijave, odnosno datuma prvenstva prijave,
- 3) utvrđivanje stanja tehnike i
- 4) upoređivanje stanja tehnike sa predmetom pronalaska, za koji se traži patentna zaštita.

Prilikom razmatranja novosti (za razliku od inventivnog nivoa), nije dozvoljeno kombinovati zasebne stavke iz prethodnog stanja tehnike. Drugim rečima, ovo znači da se za formulisanje predloga u vezi sa novosti može koristiti otežavanje iz samo jednog dokumenta (Vermeesch, 2007). Izuzetak je, ako se „primarni dokument“ odnosi izričito na neki drugi dokument (npr. dokument koji sadrži detaljnije informacije o određenim karakteristikama), onda se sadržaj tog drugog dokumenta, može smatrati sastavnim delom dokumenta u kojem se vrši upućivanje. Dozvoljeno je koristiti rečnik ili sličan dokument da bi se protumačio neki poseban pojam koji se koristi u primarnom dokumentu. Kada se radi o novosti, efektivni datum je uvek datum primarnog dokumenta.

Patentna dokumentacija

Za ispitivanje novosti pronalaska kao jednog od patentibilnih uslova, osnovni izvor²⁰ za pretraživanje stanja tehnike je patentna dokumentacija, koja predstavlja najveće intelektualno bogatstvo.

Patentna dokumentacija omogućava sledeće:

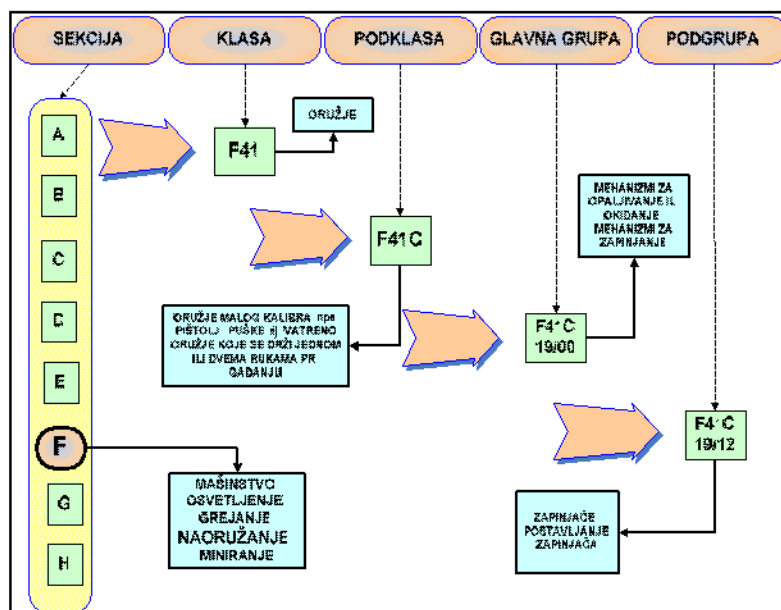
- nudi oko dve trećine tehničkih informacija koje ne postoje na drugom mestu,

¹⁹ Reč je o Glasniku intelektualne svojine Zavoda za intelektualnu svojinu.

²⁰ Ne treba zanemariti i sve ostale izvore za proveru novosti.

- daje tehničke informacije tri do pet godina ranije u odnosu na druge referentne tehničke publikacije, što često predstavlja ekskluzivnu objavu ovih informacija,
- pruža unificiranu strukturu patentnih dokumenata iz svih oblasti tehnike,
- svaki dokument je označen oznakom MKP,²¹
- često je jedini izvor informacija o pojedinim tehničkim rešenjima (prva a nekad i jedina objava informacija zbog novosti kao osnovnog preduslova za zaštitu pronalaska patentom).
- predstavlja trend – besplatnu dostupnost javnosti patentne dokumentacije za dobrobit društva u zamenu za ekskluzivna prava.

Da bi se dobio odgovor na određena pitanja a prvenstveno na pitanje postojanja „novosti“ za tehničko rešenje koje nudi pronalazak, neophodno je *pretražiti* patentnu dokumentaciju. Pored ovog, moguće je dobiti i sledeće odgovore: otkrivanje patentne aktivnosti konkurenata na tržištu, ideju za rešenje tehničkog problema u istraživanjima, informisanje o postojanju alternativnih tehnologija, trendovi razvoja u određenoj tehničkoj oblasti i ko su lideri u toj oblasti, procena tehnologije koja se nudi za licenciranje i bolje pozicioniranje u razgovorima o transferu tehnologije, istraživanje da li je određeno tržište pokriveno zaštitom, itd.



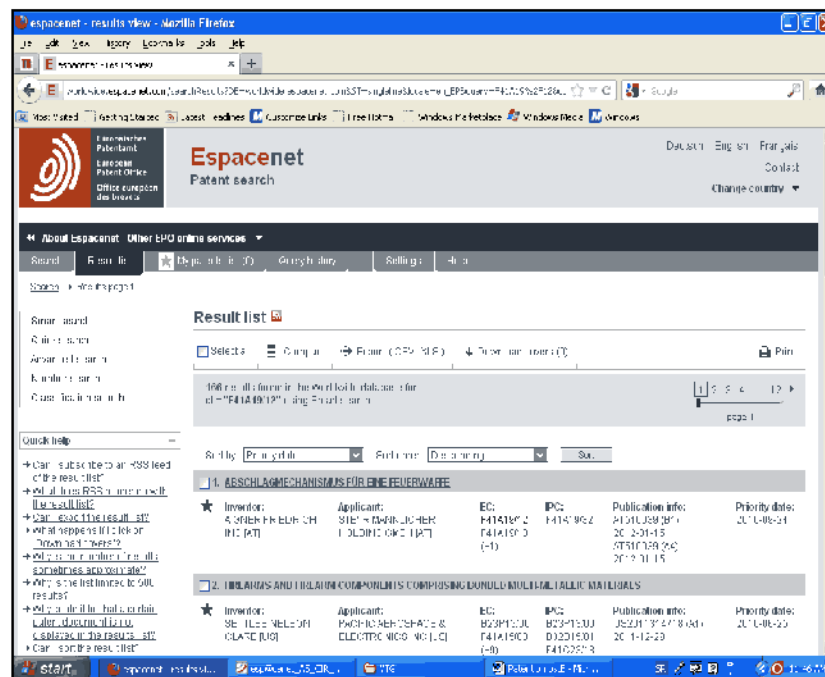
Slika 1 – Struktura MKP oznake
Figure 1 – Structure of the IPC marks

²¹ MKP – Međunarodna klasifikacija патената sadrži simbole sa kojim su obuhvaćene sve oblasti tehnike, pomoću kojih je olakšano pretraživanje patentne dokumentacije.

Međunarodna klasifikacija патенata sadrži hijerarhijsku strukturu jezički nezavisnih simbola sa kojima su kroz određene sekcije obuhvaćene sve oblasti tehnike. Radi se o sledećim sekcijama: A – Tekuće životne potrebe; B – Obrada i prerada, Saobraćaj i transport; C – Hemija, Metalurgija; D – Tekstil, Papir; E – Građevinarstvo, Rudarstvo; F – Mašinstvo, Osvetljenje, Grejanje, Naoružanje, Miniranje; G – Fizika i H – Elektrotehnika. Hijerarhijska struktura MKP prikazana je na slici br. 1. gde je vidljivo da se sekcije raščlanjuju na klase, klase na podklase, podklase na glavne grupe a glavne grupe na podgrupe.

Na slici je dat primer MKP za F41C 19/12.²² Treba napomenuti da je čest slučaj da jedan pronalazak ima više oznaka MKP.²³

Pomoću MKP je omogućeno objektivnije pretraživanje patentne dokumentacije, dok u kombinaciji sa ključnim rečima znatno sužava rezultat pretrage na preglediv broj dokumenata, sa čime je znatno olakšano ispitivanje postojanja novosti.



Slika 2 – Primer pretraživanja baze esp@cenet
Figure 2 – Example of searching the esp@cenet database

²² Radi se o jednoj od oznaka MKP koja se odnosi na zaštićeni poverljivi pronalazak pod nazivom: „Puška dalekometna u kalibrima 12,7x108mm i 12,7x 99mm - M93“, poznatija kao „Crna strela“.

²³ Tako, npr. Za „Cmu strelu“, pored navedenog primera su određene sledeće oznake MKP: F41C 23/08; F41C 33/08; F41A 21/18; F41A 21/24; F41A 21/36; F41A 3/18; F41A 9/65; F41G 1/033; F41G 1/16; Naprimera, podklasa F41G se odnosi na nišanske sprave i nišanje (optički deo).

Uvid u raspoloživu patentnu dokumentaciju može se ostvariti pretraživanjem različitih baza²⁴ koje sadrže patentnu dokumentaciju. Za lica koja se bave naučnoistraživačkim radom²⁵ baze patentne dokumentacije mogu da posluže kao inspiracija i izvor za rešavanje problema sa kojim se susreću u toku istraživanja.

Jedna od najobuhvatnijih besplatno dostupnih baza svetske patentne dokumentacije je esp@cenet, koja sadrži preko 60 miliona patentnih dokumenata u kojima su sadržane informacije o pronalascima i tehničkim unapređenjima od 1836. godine do danas. Ovoj bazi se može pristupiti preko Evropskog patentnog zavoda, Evropske komisije ili preko nacionalnih zavoda (Čabarkapa, 2008, 2010). Na slici br. 2 je dat prikaz korišćenja baze esp@cenet za pretraživanje po zadatom MKP simbolu. Kao upit za pretraživanje pored MKP, moguće je postaviti i druge kriterijume (po ključnoj reči, po autoru, datumu prioriteta, itd...).

Inventivni nivo pronalaska

Inventivni nivo pronalaska je jedan od materijalno-pravnih uslova za zaštitu pronalaska. Kod ispitivanja uslova patentibilnosti, prvo se ispituje postojanje novosti a zatim postojanje inventivnog nivoa.

U slučaju postojanja novosti pronalaska (ako postoji bilo kakva razlika između pronalaska i poznatog stanja tehnike), vrši se ispitivanje njegovog inventivnog nivoa. Ne postoji opšteprihvaćena definicija inventivnog nivoa pronalaska, *mada se uobičajeno, za neki pronalazak kaže da ima „inventivni nivo“* ako za stručnjaka iz odgovarajuće oblasti ne proizilazi, na očigledan način, iz stanja tehnike.

U ovakvom tumačenju inventivnog nivoa prisutna su dva veoma bitna pojma, i to: 1) stručnjak iz odgovarajuće oblasti tehnike i 2) očiglednost u odnosu na stanje tehnike.

Pod *stručnjakom*²⁶ se podrazumeva fakultetski obrazovano lice, sa određenim radnim iskustvom, koje se u praksi redovno bavi nekom oblasti tehnologije i koje je upoznato sa opštim znanjem iz određene oblasti, odgovarajućeg datuma. Pretpostavlja se da to lice ima pristup svemu iz „stanja tehnike“, a posebno dokumentima iz patentne dokumen-

²⁴ Adrese nekih od relevantnih patentnih baza:

- www.zis.gov.rs (Zavod za intelektualnu svojinu Republike Srbije)
- www.epo.org (Evropski zavod za patente)
- www.wipo.int (Svetska organizacija za intelektualnu svojinu)
- www.uspto.gov/patft/ (Američki zavod za patentne i žigove)
- www.espacenet.com (EPO - Evropska patentna organizacija)
- www.dpma.de (Nemački zavod za patente i žigove)
- http://www.ipdl.inpit.go.jp/homepg_e.ipdl-link (Japanski zavod za patente).

²⁵ naprimer u sistemu odbrane istraživanjem i razvojem sredstava NVO u oblasti odbrambenih tehnologija.

²⁶ Misli se na prosečnog stručnjaka.

tacije koji su navedeni u internom „izveštaju“²⁷ i da raspolaže uobičajenim sredstvima i sposobnošću rutinskog rada i obavljanja eksperimenata.

Donošenje zaključka o tome da li rešenje nekog tehničkog problema obuhvata inventivni nivo mora se zasnivati na znanju i sposobnosti stručnjaka iz odgovarajuće oblasti tehnike. Mogući su slučajevi gde je pitanje inventivnog nivoa potrebno razmatrati u okviru grupe lica (istraživačkog ili proizvodnog tima), umesto pojedinca. Ovo može biti slučaj, npr. kod određenih naprednih tehnologija (računarski ili telefonski sistemi) ili kod visoko specijalizovanih postupaka (komercijalna proizvodnja integrisanih kola ili složene hemijske supstance).

Pronalazak pored toga što mora biti formalno nov, mora biti i kvalitativno različit od svih postojećih rešenja. Kada su u pitanju mali patenti, treba imati u vidu da je mali patent pravo koji ima niži inventivni nivo u odnosu na patent. Međutim, taj nivo ne sme biti toliko nizak da zalazi u sferu rutinskih varijacija poznatih rešenja.

Iz svega napred navedenog se uočava da nema definicije inventivnog nivoa pronalaska, koja bi na idealan način objektivizovala, u krajnjoj liniji „subjektivni kriterijum stručnjaka“. Objektivizacija ovog kriterijuma se ostvaruje, kroz praksu lica koja rade na ispitivanju inventivnog nivoa.

Da bi objektivno utvrdio postojanje inventivnog nivoa, ispitivač²⁸ po pravili mora da primeni tzv. „pristup koji se fokusira na problem i njegovo rešenje“. Ovaj pristup se sastoji od tri glavne faze:

- 1) utvrđivanje „najbližeg pređašnjeg stanja tehnike“,
- 2) utvrđivanje „objektivnog tehničkog problema“ koji treba biti rešen i
- 3) utvrđivanje da li bi pronalazak za koji se traži zaštita patentom bio očigledan, ako se ima na umu najbliže pređašnje stanje tehnike i objektivni tehnički model.

Najbliže pređašnje stanje tehnike predstavlja kombinaciju karakteristika, otkrivenih u jednoj jedinoj referenci, kao najperspektivnije polazište za očigledan razvoj koji vodi do pronalaska. Ono treba da se odnosi na sličan cilj kao i sam pronalazak, ili da bar pripada istoj ili tesno povezanoj oblasti, odnosno da iziskuje minimum strukturalnih i funkcionalnih izmena da bi se došlo do pronalaska za koji se traži zaštita patentom. Ono što je bitno, jeste da najbliže stanje tehnike mora biti utvrđeno od strane stručnjaka, na dan pre podnošenja prijave patenta. Takođe, ispitivač treba da smatra kao tačne tvrdnje podnosioca prijave, koje se odnose na poznato stanje a koje on navodi u svom opisu i patentnim zahtevima.

Pod „objektivnim tehničkim problemom“ se podrazumeva zadatak obavljanja izmena ili prilagođavanja najbližeg pređašnjeg stanja tehnike u cilju obezbeđenja tehničkih efekata pronalaska u odnosu na najbliže pret-

²⁷ Rešerš (fr. recherche) – traženje, istraživanje, pretres. Ovde se misli na izveštaj o pretraživanju.

²⁸ Kada je reč o ispitivaču – licu koje utvrđuje postojanje inventivnog nivoa, podrazumeva se da se radi o stručnjaku iz odgovarajuće oblasti tehnike.

hodno stanje tehnike. Izraz „tehnički problem“ treba da bude široko tumačen i da se pod njim ne podrazumeva da tehničko rešenje koje se nudi obavezno predstavlja tehničko poboljšanje u odnosu na prethodno stanje tehnike. Problem bi mogao biti jednostavno u tome da se nađe alternativa za poznati uređaj ili postupak, koja će imati isti ili slične efekte ili čija će cena biti rentabilnija (Izbor objavljenih radova stručnjaka Zavoda, 2000).

U trećoj fazi pristupa (fokusranje na utvrđivanje da li je postupak neizbežan ili samo moguć), treba odgovoriti na pitanje da li prethodno stanje tehnike, u celini, sadrži neke informacije, koje bi stručnjaka koji rešava objektivni problem, neizbežno (ne eventualno) navele da izmeni ili prilagodi najbliže stanje tehnike, da bi došao do onoga na što se odnose patentni zahtevi, odnosno da bi izveo ono što je izvedeno pronalaskom. Drugim rečima, da bi objektivno rešio ponuđeni tehnički problem (očekivanje da ostvari neko poboljšanje ili prednost), stručnjak je morao da izmeni najbliže prethodno stanje tehnike. Naravno, ovako je morao da postupi pre datuma podnošenja prijave ili važećeg datuma priznanja prava prvenstva patentnog zahteva koji se ispituje (Uputstvo za korišćenje baze esp@cnet, 2010).

Pod pojmom „očigledan“ se podrazumeva ono što ne prelazi okvire uobičajenog tehnološkog napretka već, jednostavno, jasno i logično proističe iz prethodnog stanja tehnike. „Očigledno“ je nešto što ne obuhvata primenu bilo kakve stručnosti ili sposobnosti koja izlazi van okvira koji se očekuje od stručnjaka iz odgovarajuće oblasti. Kod ispitivanja inventivnog nivoa pronalaska, potrebno je da se ispitivač uveri da pronalazak „ne proizilazi na očigledan način iz najskorijeg odgovarajućeg stanja tehnike“. Ovo je kamen temeljac bilo kojeg sistema zaštite pronalazaka. Ono što je već poznato i sadržano u stanju tehnike, ne sme dobiti punopravnu zaštitu. Drugim rečima, nepostojanje inventivnog nivoa, podrazumeva da zaštita patentom ne treba biti priznata, ako stručnjak iz odgovarajuće oblasti može izvesti pronalazak iz stanja tehnike, kao očigledan rezultat stanja tehnike.

U slučaju da se eliminiše inventivni nivo (da pronalazak ne proizilazi na očigledan način iz stanja tehnike), dao bi se nepravedan monopol nekom licu čija bi jedina zasluga bila to, što je prvi primenio patent za pronalazak, dostupan svim stručnjacima u određenoj oblasti, a time i konkurentima. Takvom politikom, bi se usporio tehnološki napredak, umesto da bude podstaknut.

Kada se ispituje inventivni nivo, za razliku od novosti, dozvoljeno je da se kombinuju obelodanjivanja dva ili više dokumenata ili delova dokumenata, ili različitih delova istog dokumenta, ili drugih delova prethodnog stanja tehnike. Drugim rečima, osporavanje inventivnog nivoa vrši se na osnovu saznanja iz više dokumenata uključujući i njihovo kombinovanje. Dozvoljeno je tumačiti bilo koji objavljeni dokument u okviru naknadno raspoloživih informacija i imati na umu svo znanje koje je generalno raspoloživo stručnjaku iz odgovarajuće oblasti na dan priznatog prava prvenstva patentnog zahteva (www.zis.gov.rs – Zavod za intelektualnu svojinu).

Industrijska primenljivost pronalaska

Smatra se da je pronalazak industrijski primenljiv ako se predmet pronalaska može proizvesti ili upotrebiti u bilo kojoj grani industrije (uključujući i poljoprivredu), (Besarović, 2005).

Pojam „industrija“ se tumači u širokom smislu, odnosno, kao pojam koji obuhvata bilo koju fizičku aktivnost „tehničkog karaktera“, tj. aktivnost koja spada pod korisne ili praktične kreacije za razliku od estetskih kreacija. Pod industrijom se ne podrazumeva samo obavezna upotreba mašine ili proizvodnja nekog artikla već može obuhvatati i određeni postupak (npr. postupak pretvaranja energije iz jednog oblika u drugi).

Pronalascima primenljivim u industriji, treba generalno smatrati i metode ispitivanja ako se takvo ispitivanje primenjuje na poboljšanje ili kontrolu proizvoda, uređaja ili postupka koji sam po sebi ima industrijsku primenu.

Pronalazak mora biti neposredno, praktično primenljiv radi proizvodnje robe ili pružanja usluga, u cilju obezbeđenja tržišnog položaja njegovog nosioca.

„Industrijska primenljivost“ pronalaska je jedan od potrebnih uslova da bi pronalazak bio patentibilan odnosno da bi se zaštitio patentom. U opisu pronalaska se navodi način primene pronalaska u industriji, ako to nije očigledno.

Uređaji tipa „perpetuum mobile“ (generisanje neprekidnog kretanja bez unosa energije), se ne mogu tehnički izvesti pa samim tim nemaju primenu u industriji, jer nemaju tehničko rešenje za naznačeni tehnički problem.²⁹

Veoma je važno da se primenljivost pronalaska ne povezuje sa korisnošću pronalaska, kao i to da se patentni zahtevi ne formulišu tako da se odnose na korisnost pronalaska, koja nije predmet zaštite.

Zaključak

Pronalasci nastaju kao rezultat naučnoistraživačkog rada, i za njih treba pokrenuti postupak patentne zaštite. Pronalasci sadrže tehničke karakteristike koje nude rešenje određenog tehničkog problema.

Pronalasci se štite patentom ili malim patentom, koji predstavljaju ekskluzivno pravo koje se priznaje za pronalazak iz bilo koje oblasti tehnike, koji predstavlja novo tehničko rešenje određenog problema, koje ima inventivni nivo i koje je primenljivo. Da bi ostvario patentnu zaštitu, pronalazak mora kumulativno da ispunjava uslove patentibilnosti, i to: da postoji pronalazak, da je nov, da ima odgovarajući inventivni nivo i da je industrijski primenljiv.

²⁹ U primedbi ispitivača bi moglo da stoji: da navedeni problem ne može biti rešen zato što je u suprotnosti sa poznatim zakonima fizike ili da rešenje koje se traži zaštitu patentnim zahtevom nije tehnički izvodljivo.

U toku postupka patentne zaštite pronalaska, od strane ispitivača – stručnih lica iz oblasti tehnike na koju se pronalazak odnosi, potrebno je utvrditi ispunjenost uslova patentibilnosti. Ako su ispunjeni svi zahtevani uslovi, kaže se da je pronalazak patentibilan i da se može vršiti njegova zaštita patentom ili malim patentom.

Literatura

Besarović, V., 2005, Intelektualna svojina, industrijska svojina i autorsko pravo, Centar za publikacije, Pravni fakultet Univerziteta u Beogradu.

Čabarkapa, O., 2008, Zaštita inovacija u funkciji jačanja sistema odbrane, doktorska disertacija, Fakultet bezbednosti Univerziteta u Beogradu.

Čabarkapa, O., 2010, Zaštita poverljivih inovacija, VIZ – Redakcija „Vojna knjiga“, Beograd.

Marković, S., 1997, Patentno pravo, Nomos.

Vermeesch, P., 2007, Metodologija Zavoda za postupanje u oblasti resursa i ispitivanja prijava patenta, Nacionalni projekat CARDS 2004.

Vuković, S., 2004, Komentar Zakona o patentima sa registrom pojmova, prvo izdanje, Poslovni biro.

Izbor objavljenih radova stručnjaka Zavoda 1920–2000, Knjiga 1 i 2, 2000, Savezni zavod za intelektualnu svojinu.

Uputstvo za korišćenje baze esp@cnet, 2010, Zavod za intelektualnu svojinu – Edukaciono informacioni centar.

www.zis.gov.rs (Zavod za intelektualnu svojinu), Uputstvo za korišćenje baze esp@cnet, (sajt korišćen 20. 02. 2012. godine).

PATENTABILITY CONDITIONS FOR THE INVENTION PROTECTION

FIELD: Copyright and Patent Law

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Inventions are the results of creative work protected by patents or petty patents, provided that the patent was filed.

Inventions are the kinds of innovations of a technical character because they offer solutions for technical problems and they can relate to any area of technology. In its essence, each invention has specific technical characteristics (precisely defined through patents claims) that are sought to be protected. Patent protection is the right which admits the holder to achieve the goal of economic exploitation of the invention. In order to get the invention patent protection, an invention should be patentable, i. e. it should meet the following requirements: the existence of the invention, novelty, inventive step and industrial applicability of

the invention. In general, the study of these conditions should start from the national legislation in the area of patent protection which specifies what cannot be considered as an invention and what cannot be protected by a patent or petty patent.

The examination of patentability is done in a particular stage of the examination procedure by experts in the technical field which the invention relates to. If all the required conditions are met, it is said that the invention is patentable and that the patent protection is possible.

Introduction

The introduction explains the concept of the invention and the patent as well as the conditions that must be met for an invention to achieve the patent protection. It also points the way of examining the conditions of patentability with particularities when it comes to patent protection of confidential inventions.

The existence of the invention

The aim of this work is to point out that, in examining the conditions of patentability in the patent protection procedure, the start is to determine the general fact of the invention existence. For this purpose, it is necessary to bear in mind what cannot be considered as an invention and what cannot be protected by a patent or petty patent. The notion of "discovery" is explained in more detail, with the reasons why it cannot be protected by a patent.

Novelty of an Invention

This section explains the question of the existence of invention novelty, as a condition for patentability. An invention is new if it is not included in the state of the technology. Besides the technology state, the date of patent claim submission is very important in determining novelty. To determine the existence of novelty, among other possible sources of verification, it is important to search available patent documentation as a very useful and important source that contains a large amount of technical information.

For novelty consideration, it is allowed to use data from only one document from the technology state.

Inventive step

The aim of this section is to show the existence of the inventive step of the invention. An invention involves an inventive step if the invention does not stem obviously from the technology state when considered by experts in the relevant field. The terms "expert" and "obviousness" are also explained. Objectively determining the existence of an inventive step means that the examiner implements an approach that "focuses on the problem and its solution".

For the inventive step examination, it is allowed to combine one or more documents, parts of documents or other parts of the previous technology state with the closest previous technology state.

Industrial applicability of the invention

Industrial applicability is one of the patentability requirements. The invention is industrially applicable if the subject of the invention can be manufactured or used in any industry. The invention must be applicable for the production of goods or services in order to secure the market position for its holder. The applicability of the invention should not be associated with to the utility of the invention.

Conclusion

In the end, it is particularly pointed out that, for the patent protection „an invention must meet the following requirements for its patentability: it must exist, be new, have an adequate inventive step and it must be industrially applicable.

During the procedure of patent protection, the determination of the compliance with the requirements of patentability is performed by experts in the relevant technical field. If all conditions are met, then the invention is patentable and can be protected by a patent.

Keywords: invention, patentability, patent, petty patent, novelty of the invention, inventive step, industrial applicability of the invention.

Datum prijema članka/Paper received on: 23. 02. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 09. 03. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 11. 03. 2012.

UNAPREĐENJE SISTEMA OBRAZOVANJA STUDENATA VAZDUHOPLOVSTVA VOJNE AKADEMIJE PRIMENOM AVIONA LABORATORIJE

*Slobodan N. Stupar, Aleksandar M. Simonović,
Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet,
Katedra za vazduhoplovstvo, Beograd,
Zoran Lj. Filipović, Institut Goša, Beograd,
Miroslav M. Jovanović, Vojska Srbije,
Tehnički Obitni Centar, Beograd*

DOI: 10.5937/vojtehg61-1345

OBLAST: mašinstvo, vazduhoplovstvo
VRSTA ČLANKA: stručni članak, projekat

Sažetak:

U radu je opisan predlog unapređenja procesa obrazovanja studenata Vojne akademije za podršku procesa održavanja vazduhoplova Vojske Srbije zasnovan na uvođenju predmeta Ispitivanje vazduhoplova u letu. Pri tome je posebno naglašen značaj formiranja avionske laboratorije sa osnovnim karakteristikama ispitno-merne opreme koju je neophodno integrisati na avionu u cilju realizacije praktičnog dela ispitivanja vazduhoplova u letu. Formiranjem aviona laboratorije stvorio bi se veoma jak didaktički alat, koji bi omogućio optimalnu sintezu teorije i prakse. Ovakav koncept unapređenja edukativnog procesa bi u znatnoj meri uticao i na formiranje svesti o neophodnosti zajedničkog rada i objedinjavanja svih istraživačkih kapaciteta naučno-istraživačkih institucija u Ministarstvu Odbrane Republike Srbije.

Ključne reči: avion laboratorija, obrazovanje, merna oprema, ispitivanja u letu.

Uvod

Savremene visoko školske institucije, širom sveta, unapređuju nastavni proces i razvoj naučnoistraživačkog kadra provodeći primenjena istraživanja na konkretnim sistemima (Sadraey, et al 2009), (Andrzej, 2010, pp. 320–330). Poslednjih 15 godina razvojem brojnih softverskih alata i poboljšanjem hardvera stvorene su značajne mogućnosti za proveru teoretskih saznanja obradom merenja prikupljenih na realnim mehaničkim sistemima.

U razvijenim zemljama uočeno je smanjenje interesovanja za studije u oblasti tehničkih nauka usled čega se pojavljuju problemi u svetlu potreba za kontinuiranim obezbeđenjem stručnog kadra neophodnog za podršku tehničko-tehnološkog razvoja društva.

U cilju osavremenjavanja nastavnog procesa kao i prevazilaženja mogućeg zaostajanja u pogledu obezbeđenja adekvatnog kadra za potrebe održavanja vazduhoplova Vojske Srbije u radu se predlaže uvođenje predmeta Ispitivanje vazduhoplova u letu. Upotrebom aviona laboratorija stvorili bi se uslovi za uključivanje studenata u primenjena istraživanja kroz proces letnih ispitivanja vazduhoplova. Ovakav tip edukacije bi omogućio sledeće prednosti:

- Podizanje kvaliteta nastavnog procesa na nivo obrazovanja sličnih svetskih univerziteta.
- Uključenje studenta u primenjena istraživanja koja imaju multidisciplinarni karakter.
- Usko povezivanje više institucija kao što su Vojna akademija koja je nosilac teorijskog dela nastavnog procesa kao i Tehničkog Obitnog Centra u kome bi bila formirana avionska laboratorija uz pomoć koje bi se realizovao praktični deo edukativnog procesa.
- Razvijanje sposobnosti studenata da na osnovnim dužnostima u jedinici nakon završetka studija uoče, definišu i pokrenu postupak za unapređenje operativne sposobnosti sistema sa aspekta tehnoloških dostignuća.

Osnovni preduslov za unapređenje sistema obrazovanja studenata je formiranje aviona laboratorije, koji bi omogućio izvršenje letnih ispitivanja u cilju potpunog razumevanja osnovnih teoretskih principa performansi i stabilnosti i upravljivosti letelica. Avion laboratorija pored osnovne namene može se koristiti i za obuku pilota u sticanju zvanja obitnih pilota. Za razvoj ovakvog sistema obrazovanja svi učesnici projekta treba da izvrše procenu šta je realno izvršiti u vremenskom periodu koje im je na raspolaganju (1–2 semestra). Ispitivanja u letu bi trebala da predstavljaju poslednji korak u obrazovanju inženjera vazduhoplovstva kao i praktični deo kursa obitnih pilota.

U radu je predložen projekat formiranja aviona laboratorije u Tehničkom obitnom centru kao jakog didaktičkog alata za potrebe obrazovnog procesa studenata Vojne akademije koji se školuju za potrebe održavanja vazduhoplova.

Ispitivanja vazduhoplova u letu

Ispitivanja u letu je praktična grana aeronautičkog inženjerstva u kojoj se prikupljaju realni parametri leta vazduhoplova. Na bazi izmerenih relevantnih parametara u letu vrši se analiza i daje ocena o letnim performansama i komandnim karakteristikama sistema vazduhoplova sa posebnim osvrtom njihovog uticaja na bezbednost letenja.

Ispitivanje u letu ispunjavaju dva osnovna zahteva: prvi, pronalaženje i primena novih rešenja tokom dizajniranja sistema vazduhoplova, i drugi, verifikacija i dokumentovanje vazduhoplovnih operativnih sposobnosti za sertifikaciju po svetskim standardima, ili po zahtevima kupca. Faze ispitivanja u letu se mogu kreirati u zavisnosti od toga da li je sredstvo prototip (nov model) sa potpunim razvojnim i sertifikacionim procesom ili se vrši modifikacija određenog podsistema operativnog modela vazduhoplova. Iz navedenog razloga vreme trajanja ispitivanja u letu može varirati od par nedelja do više meseci, a u zavisnosti od složenosti projekta vreme trajanja može biti i par godina (Filipović, 2010, pp. 111–124).

Moderni vazduhoplovi se u cilju dostizanja maksimalnih performansi, stabilnosti i upravljivosti kao sistemske operativnosti definišu kao kompleksni integrisani sistemi aerodinamičke strukture, pogona i avionske elektronske opreme. Rukovođenje programom ispitivanja u letu jednog modernog vazduhoplova zahteva specifična znanja koja su sinteza teorije i prakse i koja često nisu uključena u većini inženjerskih nastavnih programa u svetu.

Osnovna svrha savremenih ispitivanja vazduhoplova u letu je da se utvrdi da li vazduhoplov leti u definisanoj anvelopi leta kao i da li njegova posada može to bezbedno izvršiti. Ta ispitivanja omogućuju primenjena istraživanja iz oblasti aerodinamičkih, pogonskih i sistemskih elemenata vazduhoplova.

Ispitivanje u letu je kompleksan proces koji zahteva angažovanje više specijalnosti u oblasti vazduhoplovstva, i to: opritne pilote (flight test pilots), inženjere ispitivanja u letu po oblastima (flight test engineers), inženjere za izbor i integraciju ispitno-merne opreme (flight test instrumentation engineers) i veći broj tehničara za održavanje vazduhoplova i ispitno-merne opreme.

Proces ispitivanja vazduhoplova uključuje više faza: fazu planiranja, izvršenja ispitivanja i fazu izrade izveštaja koja je rezultat kompleksnog procesiranja izmerenih parametara tokom procesa ispitivanja. Navedene faze procesa ispitivanja su sukcesivne tj. potpuno izvršena predhodna faza uslovljava mogućnost početka sledeće faze ispitivanja.

Najvažniji dokument faze planiranja ispitivanja vazduhoplova (prototipa ili operativnog vazduhoplova na kome je izvršena neka modifikacija) je Program ispitivanja. Program ispitivanja sadrži osnovne principe i metode ispitivanja, neophodan broj memih parametara, broj letova i ograničenja koja su potrebna za dobijanje upotrebljivih rezultata ispitivanja. Osnovna karakteristika samog procesa ispitivanja vazduhoplova na zemlji i u letu je objektivizacija velikog broja memih parametara upotrebom savremenih memih sistema.

Osnovnu konfiguraciju mernog sistema za ispitivanje vazduhoplova čine dva osnovna podsistema:

- Merni podsistem koji se integriše na samoj letelici (Airborne Data Collection System) a sastoji se određenog broja memih pretvarača koji vrše konverziju neelektričnih veličina u proporcionalni električni signal, avionskog računara za digitalizovanje memih signala i transmisijnog de-

la putem kojeg se vrši transfer podataka do odgovarajuće prijemne stanice (Filipović, et al, 2003, pp. 578–584).

- Kompatibilna zemaljska telemetrijska stanica (Ground Telemetry Station) koja omogućuje prijem i praćenje mernih parametara u realnom vremenu ispitivanja kao i posle letne detaljne analize upotrebom posebnih softverskih paketa (Gredić, Filipović, 2005, pp. 23–35).

Upotrebom telemetrijskih akvizicionih sistema moguće je pratiti sam tok leta vazduhoplova u realnom vremenu monitorovanjem odabranog broja mernih parametara i u slučaju uočenih odstupanja od konkretnog zadatka ispitivanja uticati na opitnog pilota da ponovi određene faze leta. Na taj način se pored povećane bezbednosti leta skraćuje i vreme ispitivanja a samim tim se smanjuju troškovi ispitivanja (Filipović, 2010).

Posle realizacije kompletnog Programa ispitivanja vazduhoplova vrši se izrada Izveštaja o ispitivanju koji sadrži sve relevantne informacije o implementaciji određenih vazduhoplovnih standarda za konkretni tip vazduhoplova. Ispitivanje vazduhoplova u letu je skup i dugotrajan proces koji predstavlja poslednju fazu njegovog stvaranja i kao takav spada u posebnu oblast primenjenih istraživanja. Neophodnost ove faze razvoja vazduhoplova je diktirana tačno definisanim internacionalnim i nacionalnim vazduhoplovnim propisima od čije ispunjenosti zavisi i njegovo uvođenje u operativnu upotrebu. Tek nakon ispitivanja u letu koja nose i određeni bezbednosni rizik, utvrđuje se dali je vazduhoplov moguće koristiti za obavljanje svih misija za koje je namenjen i kao takav dobija plovdbenu dozvolu.

Tokom životnog veka vazduhoplov može biti modifikovan ili usavršavan što takođe zahteva verifikaciju tokom letnih ispitivanja. Stoga je veoma važno da se vazduhoplovno tehnički kadar za vreme svoje edukacije upozna osnovne principe i značaj ispitivanja kako prototipova tako i modifikovanih serijskih aviona. Ovaj tip edukacije je najcelishodnije izvršiti u toku osnovnih ili master studija smeru tehničke službe u oblasti vazduhoplovstva. Ovakvu vrstu obrazovanja obavlja više univerziteta u svetu koji imaju smer vazduhoplovstva kao što su: Cranfield University, Politecnico di Milano, University of Florida, Daniel Webster College i dr. (www.cranfield.ac.uk, www.aero.polimi.it, www.dwc.edu). U zavisnosti od finansijskih mogućnosti samog univerziteta avioni laboratorije mogu biti različiti tipovi vazduhoplova i sa različitim nivoima opreme. One se u svetu mogu integrisati i u specijalizovanim institucijama koji se nazivaju Vazduhoplovni opitni centri (Flight Test Centre). Kod nas se ta vrsta delatnosti obavlja u Tehničkom opitnom Centru (TOC) Vojske Srbije koji kao Vojna naučna ustanova raspolaže sa potrebnim stručnim i laboratorijskim resursima za realizaciju eksperimentalnog dela obrazovnog procesa u oblasti mehanike leta (performanse vazduhoplova i stabilnost i upravljivost vazduhoplova). Uspostavljanjem ovakve saradnje između TOC-a i Vojne akademije doprinelo bi se i efikasnijoj upotrebi raspoloživih naučno-istraživačkih laboratorijskih kapaciteta u MO.

Na slici 1 prikazan je avion opšte namene Cessna 172 koji se koristi za edukaciju studenata Daniel Webster College u oblasti performansi i kvaliteta leta.

Na slici 2 prikazan je avion laboratorija tipa Jetstream 31 Cranfield Univerziteta koji se koristi za post-diplomsko usavršavanje studenata u oblasti aerodinamike i mehanike leta. Ovaj tip aviona laboratorije omogućava i školovanje studenata i u oblasti savremenih avionskih sistema (radara, navigacije, glass cockpit, itd.).



Slika 1 – Avion Cessna 172 Daniel Webster College
Figure 1 – Aircraft Cessna 172 of Daniel Webster College



Slika 2 – Avion laboratorija Jetstream 31 Cranfield Univerziteta
Figure 2 – Flying laboratory Jetstream 31, Cranfield University

Značaj ispitivanja vazduhoplova u letu za obrazovanje inženjera vazduhoplovstva

Oblast mehanike leta je uključena u nastavni program osnovnih studija studenata vazduhoplovstva. Ona pokriva teorijske osnovne performansi i stabilnosti i upravljivosti, bez praktičnog upoznavanja sa realnim ponašanjem vazduhoplova u toku izvršenja leta. Uvođenjem novog pred-

meta Ispitivanja vazduhoplova u letu u osnovni ili master program obrazovanja inženjera vazduhoplovstva obogatio bi se kvalitet njihovog obrazovanja. Za kompletiranje procesa edukacije neophodno je koristiti rezultate eksperimentalnih istraživanja dobijenih tokom letnih merenja relevantnih parametara na avionskim laboratorijama. Tokom ovog procesa studenti jedino mogu steći realan utisak o različitim uticajima vazduhoplovnih elemenata i komponenti kao što su zakrilca, krilca, krmila visine i pravca, sila na palici, pito-statičkog sistema i centra mase na preformanse konkretne letelice (Abbitt, et al, 1996, pp. 73–76).

Razlozi za upoznavanje studenata sa osnovnim principima ovakvih primenjenih istraživanja tokom letnih ispitivanja vazduhoplova su više-struki, i to:

- povezivanje osnovnih teorijskih i eksperimentalnih vazduhoplovnih znanja,
- upoznavanje sa složenom metodologijom ispitivanja vazduhoplova u letu (planiranje, izvršenje, obrada rezultata merenja i izrada izveštaja o ispitivanju), i
- sticanje znanja da nakon završetka studija u praksi, prepoznaju pojave na vazduhoplovu za koje je potrebno izvršiti dodatna ispitivanja u letu.

Neophodni resursi za unapređenje edukacije studenata tehničke službe smeru vazduhoplovstva na Vojnoj akademiji

Ispitivanje vazduhoplova u letu zahteva specifične resurse koji su jedinstveni i vrlo mali broj univerzitetskih institucija može da ih poseduje. Potrebni resursi se mogu podeliti u tri grupe: adekvatno kvalifikovano osoblje, oprema (avioni i merna oprema) i neophodan softverski alat za izvršenje i analizu leta. Institucije koje bi bile uključene u proces edukacije studenata vazduhoplovstva su: Mašinski Fakultet Univerziteta u Beogradu, Vojna akademija Univerziteta odbrane i TOC Vojske Srbije.

Kvalifikovani stručni tim koji bi vodio edukaciju studenata za ispitivanje u letu mora da bude sastavljen od profesora Mašinskog Fakulteta Univerziteta u Beogradu, Vojne akademije kao i određenih test inženjera i pilota iz sastava TOC-a. Osnovna dužnost Akreditovanih predstavnika Univerziteta iz oblasti vazduhoplovstva (aerodinamika, mehanika leta, motorne grupe i sistemi letelica) je kreiranje Plana i programa praktične obuke ispitivanja u letu koji se sastoji iz više tematskih celina koje su u saglasnosti sa Planom teorijskog dela nastave. Plan i programa praktične obuke ispitivanja u letu bi bio realizovan u TOC-u implementacijom posebnih metoda ispitivanja i upotrebom odgovarajuće ispitno merne opreme. Navedeni plan diktiran je osnovnom funkcijom same letelice, a sadrži osnovne principe

test procedura, neophodan broj memih parametara, broj test letova i ograničenja koja su neophodna za dobijanje upotrebljivih rezultata.

Tipovi aviona na kojima se mogu izvršiti ispitivanja su: avion tipa Lasta, kao reprezent klipne pogonske grupe i avion tipa Galeb G-4, kao reprezent turbo-mlazne pogonske grupe.

Avion Lasta je jednomotorni avion, tipa niskokrilac, sa dva sedišta u tandem konfiguraciji, sa maksimalnom poletnom masom od 1280 kg i razмахom krila od 9.7 m. Slika aviona Lasta dat je na slici 3. Avion je opremljen šestocilindričnim klipnom motorom tipa Lycoming AEIO-540-L1B5D maksimalne snage $P_{\max}=224$ kW (Gaćeša, 2009, pp. 142–143).



Slika 3 – Avion Lasta
Figure 3 –Swallow Aircraft

Avion Galeb G-4 je jednomotorni avion, tipa niskokrilac, sa dva sedišta u tandem konfiguraciji, sa maksimalnom poletnom masom od 6300 kg i razмахom krila od 9.9 m. Slika aviona Galeb G-4 dat je na slici 4. Avion je opremljen turbomlaznim motorom tipa Rolls-Royce Viper 632–46 sa maksimalnim potiskom $F_{\max}=17,8$ kN.



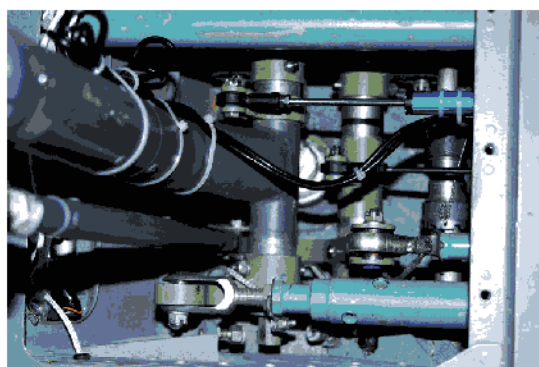
Slika 4 – Avion Galeb G-4
Figure 4 –Seagull G-4 Aircraft

TOC poseduje kompletnu akvizicionu opremu za formiranje avionske laboratorijske multisenzorske platforme za realizaciju praktičnog dela edukacije studenata vazduhoplovstva u oblasti ispitivanja u letu. Ispitno-merna oprema za ispitivanja u letu je izuzetno skupa jer je dizajnirana da zadovoljava stroge standarde koji se odnose na pouzdan rad u ekstremnim ambijentalnim uslovima i povećanog nivoa elektromagnetnih interferencija. Savremenom i preciznom opremom izbegava se mogućnost subjektivnog zaključivanja pilota o pojedinim fenomenima tokom ispitivanja. U procesu edukacije studenti moraju da savladaju postupak dizajna merno-akvizicionog sistema, koji zavisi od definisane metode merenja, kao i vrste i broja mernih parametara kao i osnovne tehnike njene integracije na sam vazduhoplov (Đurković, 2011, pp. 116–133), (Jovanović, Filipović, 2007).

Tehnički Obitni Centar poseduje više tipova i generacija digitalnih akvizicionih sistema koji mogu biti upotrebljeni za proces edukacije studenata Vojne akademije u oblasti ispitivanja u letu. Na slici 5 prikazan je akvizicioni sistem integrisan na avion Lasta, a na slici 6 prikazan je način integracije mernog pretvarača (linearni potenciometri) položaja otklona palice po uzdužnoj osi (Paulo, 2008, pp. 243–252).

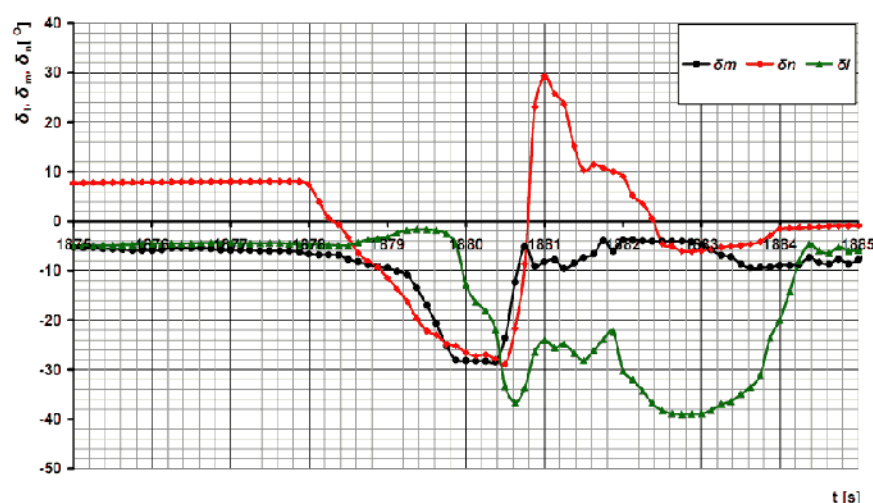


Slika 5 – Akvizicioni sistem na avionu
Figure 5 – Acquisition system on aircraft



Slika 6 – Instalacija mernog pretvarača otklona palice po uzdužnoj osi
Figure 6 – Sensor installation of longitudinal stick position

Tokom procesa ispitivanja memi parametri se memorišu na odgovarajućim PC kompatibilnim registratorima na samom avionu ili na zemaljskoj kompatibilnoj stanici u realnom vremenu. Tako dobijene baze registrovanih memih parametara se mogu uvoditi u različite softverske pake- te u cilju obavljanja detaljnih posle letnih analiza (Specijalni softveri, Ma- tlab, Microsoft Excel). Korisnički softver mora da ima mogućnosti za ma- nipulaciju matricama, grafičkim prikazom funkcija u 2-D i 3-D i mogućnost kreiranja sopstvenih interfejsa. Na slici 7 prikazan je primer snimljenih ot- klona komandnih površina u fazi uvođenja aviona u kovit.



Slika 7 – Otklon komandnih površina u fazi uvođenja u kovit
Figure 7 – Control surface deflection in the phase of spin entry

Na osnovu iznetih činjenica o kvalifikovanom osoblju, opremi za ispi- tivanje u letu i posedovanju raznih softverskih alata, može se zaključiti da Vojna akademija Ministarstva Odbrane Republike Srbije ima sve potenci- jale za unapređenjem obrazovanja studenata tehničke službe u oblasti vazduhoplovstva. Vojna akademija kao nosilac edukativnog procesa u Vojsci Srbije treba da bude integrator navedenih institucija u cilju sop- stvene afirmacije kao savremene visokoškolske institucije.

Plan i program predmeta ispitivanja u letu

Plan i program predmeta ispitivanja u letu u sebi sadrži sledeće celine:

- Upoznavanje sa tehničkim karakteristikama vazduhoplovne platfor- me na kojoj se vrši obuka ispitivanja u letu,
- Upoznavanje sa relevantnim tehničkim standardima i kriterijumima za ocenu kvaliteta,

- Izrada Programa ispitivanja koji u sebi sadrži potreban broj praktičnih vežbi iz oblasti performansi vazduhoplova i stabilnosti i upravljivosti vazduhoplova,

- Definisanje konfiguracije mernog sistema na letelici i integracija opreme na letelicu,

- Izrada konkretnih zadataka test pilotu koji korespondiraju sa pojedinim praktičnim vežbama, a koje se mogu realizovati kroz više ispitnih letova,

- Analiza rezultata ispitivanja, i

- Izrada završnog izveštaja o rezultatima ispitivanja sa ocenom o stepenu zadovoljenja zahteva tehničkih propisa i drugih kriterijuma za ocenu kvaliteta ispitivanog sredstva i definisanjem ograničenja u eksploataciji.

Na osnovu iskustva i Plana i programa visokoškolskih institucija u svetu, minimalan broj vežbi koji bi studente uveo u oblast ispitivanja u letu je šest (3 vežbe iz oblasti performansi i 3 vežbe iz oblasti stabilnosti i upravljivosti). Pored izvršenja letova neophodno je studente upoznati i sa metodologijom definisanja arhitekture ispitno-merne opreme kao i tehnologijom njene integracije na ispitnoj platformi.

Na osnovu iznešenih potrebnih elemenata za uspešno savlađivanje nastavnog gradiva u praktičnom ispitivanju u letu ovde je predložen okvirni Plan i program sa potrebnim vremenom rada za savlađivanje svih elemenata ispitivanja u letu. Plan i program je dat u Tabeli 1.

Tabela 1
Table 1

Predloženi plan i program ispitivanja u letu
Recommended plan and program of flight tests

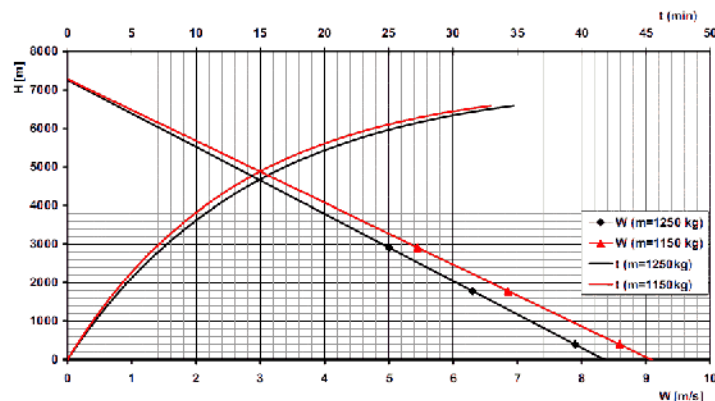
RB	Aktivnost	Oblast	Potrebno vreme radni dani
1.	Izbor merenih veličina		1
2.	Dizajniranje ispitno-mernog lanca (izbor mernih pretvarača i akvizicionih sistema)		2
3.	Integracija ispitno-merne opreme na avion		5
4.	Etaloniranje ispitno-merne opreme		2
5.	Prva vežba Kalibracija pito-statičkog sistema (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Performanse</i>	3 (2 leta)
6.	Druga vežba Performanse penjanja (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Performanse</i>	3 (2 leta)

RB	Aktivnost	Oblast	Potrebno vreme radni dani
7.	Treća vežba Brzina svaljivanja (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Performanse</i>	3 (2 leta)
8.	Četvrta vežba Određivanje neutralne tačke aviona (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Stabilnost i upravljivost</i>	5 (4 leta)
9.	Peta vežba Poprečno-smerna statička stabilnost (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Stabilnost i upravljivost</i>	5 (4 leta)
10.	Šesta vežba Uzdužna dinamička stabilnost (izbor metode, pisanje zadatka, izvršenje leta i obrada leta)	<i>Stabilnost i upravljivost</i>	4 (4 leta)
11	Pisanje izveštaja		5

U prvom delu kursa studenti se upoznaju sa osnovnom metodologijom u dizajniranju ispitno-merne opreme, njenom kalibracijom i integracijom na konkretni avion. Rezultat čitavog procesa praktične edukacije iz oblasti ispitivanja zavise od uspešnosti implementacije određene merne metode i potrebnih tehnoloških postupaka. Nakon ovog dela kursa studenti prelaze na praktična ispitivanja vazduhoplova u predloženih šest vežbi.

U prvoj vežbi, studenti se upoznaju sa i načinom merenja i proračuna različitih brzina vazduhoplova, kao što su indicirana brzina, kalibrisana brzina, stvarna brzina i brzina u odnosu na zemlju. Takođe se produbljuju znanja o totalnim i statičkim pritiscima, njihovom merenju i koji su izvori greške pitostatičkog sistema. Vrš se proračun grešaka pito-statičkog sistema: pozicione, greške kašnjenja, instrumentalne i kalibracione, i kako ove greške utiču na utvrđivanje performansi aviona. Ispitivanje sadrži dva leta na različitim konstantnim brzinama i visinama (Olson, 2000).

U drugoj vežbi, studenti proučavaju performanse penjanja metodom zubaca ili metodom totalne energije u zavisnosti od tipa vazduhoplova. Pri ovim ispitivanjima studenti se familijarizuju sa efektom raspoložive i potrebne snage pri različitim brzinama. Ova ispitivanja se sastoje od više penjanja i poniranja na bezbednoj visini. Pri ovim ispitivanjima studenti stiču iskustvo u primeni jednačina kretanja koji se odnose na penjanje i rezultate porede sa proračunskim rezultatima. Tipičan dijagram brzine penjanja i vremena penjanja jednog klipno-elisnog aviona dat je na slici 8.



Slika 8 – Dijagram brzine i vremena penjanja
Figure 8 – Diagram of climb velocity and time

Treća vežba pruža studentima mogućnost razumevanja ponašanja aviona pri minimalnim brzinama, tj. pri brzinama svaljivanja pri različitim konfiguracijama aviona. Brzina svaljivanja predstavlja brzinu aviona pri kojoj dolazi do gubitka uzgona. Gubitak uzgona se proučava za čistu, poletnu i sletnu konfiguraciju vazduhoplova, kao i pri zaokretima pri različitim opterećenjima i snagom motora.

Primarni zadatak četvrte vežbe je upoznavanje sa metodom ispitivanja u cilju identifikacije pozicije neutralne tačke po uzdužnoj osi. Ovom vežbom studentima se prezentuje praktična važnost određivanja neutralne tačke i njen uticaj na stabilnost letelice. Vrš se procena relacijskih odnosa između koeficijenta propinjanja u funkciji napadnog ugla, neutralne statičke stabilnosti i neutralne tačke. Ova vežba se sastoji od dve serije ispitnih letova sa različitim centražama vazduhoplova i sa podacima dobijenih na različitim brzinama pri uzdužnoj stabilizaciji vazduhoplova.

Peta vežba ispitivanja u letu se odnosi na poprečno-smernu statičku stabilnost sa naglaskom na praktična merenja uglova klizanja, valjanja, bočne sile, trimovanje i koordiniranog zaokreta. Proučavanje poprečno-smerne statičke stabilnosti ispituje reakciju vazduhoplova kada njegova putanja odstupa iz ravni simetrije. U ovim letovima studenti bi trebali da steknu iskustvo u sprezi između poprečne i smerne stabilnosti. Značaj ugla dijedra, položaj ugradnje krila i vertikalnog repa u poprečno-smernoj statičkoj stabilnosti moraju biti prezentovani, ispitani i analizirani.

Poslednja vežba uvodi studente u dinamičku stabilnost vazduhoplova sa ciljem njihovog razumevanja pojava kratkoperiodičnih i fugoidnih modova uzdužnog kretanja. Poznavanjem načina i metoda pobude ovih modova moguća je analiza dinamičke stabilnosti vazduhoplova. Zahtevi ispitivanja u ovoj vežbi je razvoj i ocena dinamičke stabilnosti u fugoidnom, Dutch roll i spiralnom modu. U teoriji dinamička stabilnost se javlja kada relevantni parametri stabilnosti teže konačnim vrednostima u toku

vremena. Sva tri moda oscilovanja je kod stabilnih aviona teško izazvati, tako da je za izvršenje ovih vežbi potrebna izuzetna tehnika pilotiranja. Analizom ovih parametara se dobija prigušna karakteristika vazduhoplova, što je neophodno za potpuno razumevanje dinamičkih pojava aviona.

Predloženi plan i program ispitivanja može biti proširen i na oblast ispitivanja pogonskih grupa i drugih sistema vazduhoplova.

Zaključak

Na osnovu iznetih činjenica o stanju, potencijalima i mogućnostima Vojske Srbije i Ministarstva odbrane, može se zaključiti da je unapređenje edukativnog procesa oficira tehničke službe vazduhoplovnog smera u smislu formiranja aviona laboratorije i uvođenjem predmeta ispitivanja u letu realno iz sledećih razloga:

- Vojska Srbije raspolaže sa potrebnim ljudskim i materijalnim resursima za uključanje u edukativni proces kroz angažovanje TOC-a za realizaciju praktičnog ispitivanja u letu, na aerodromu Batajnica. Avioni koji bi se koristili u ovom procesu su domaće proizvodnje, pre svega novi avion Lasta.

- U okviru Univerziteta Odbrane i Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu postoji kvalifikovano osoblje za realizaciju teorijske nastave. Troškovi za formiranje predmeta Ispitivanja u letu na Vojnoj akademiji su minimalni.

Formiranje aviona laboratorije za potrebe školovanja oficira vazduhoplovstva ima višestruke prednosti, i to:

- Omogućuje sintezu teorije i prakse što kao krajnji cilj ima stvaranje inženjera vazduhoplovstva koji će na svojim dužnostima uspešno i brzo prepoznavati probleme i adekvatno ih rešavati.

- Vojna akademija na taj način ulazi u red odabranih visoko školskih institucija u svetu koji u svom programu imaju predmet ispitivanja vazduhoplova u letu,

- Sa ovakvim programom usavršavanja Vojna akademija ima mogućnost školovanja studenata vazduhoplovstva van sistema odbrane iz zemlje i inostranstva.

Uvođenje predmeta Ispitivanje vazduhoplova u letu na Vojnoj akademiji je realna mogućnost, poboljšava proces obrazovanja i doprinosi boljoj poziciji Vojne akademije među visoko školskim ustanovama u svetu. To može biti rezultat razvoja zajedničkog studijskog programa Univerziteta odbrane i Univerziteta u Beogradu sa ciljem školovanja i studenata iz drugih zemalja.

Literatura

Abbitt, J., Carroll, B., Fearn, R., Rivers, R., 1996, *Flight Test Engineering – An Integrated Design/Laboratory Course*, Journal of Engineering Education, Vol.85, No. 1, pp. 73–76.

- Andrzej, T., 2010, *The flying laboratory for aeronautics students education*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, Vol. 82, No. 5, pp. 320–330.
- Đurković, S., 2011, *Razrada tehnološkog postupka pri ugradnji i opremanju instrumenata u vazduhoplovu*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 4, pp. 116–133.
- Filipović, Z., 2010, *Metodologija ispitivanja vazduhoplova u letu*, Novi glasnik, broj 1/2010, pp. 111–124.
- Filipović, Z., Marković, M., Pavlović, M., 2003, *Osnovne performanse PCM/FM telemetrijskog sistema za merenje parametara vazduhoplova i fizioloških karakteristika pilota*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 51, No. 6, pp. 578–584.
- Gaćeša, N., 2009, *Školski avion Lasta 95*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 57, No. 3, pp. 142–143.
- Gredić, V., Filipović, Z., 2005, *Predlog softverskog rešenja telemetrijskog i teodolitskog sistema*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 53, No. 1, pp. 23–35.
- Jovanović, M., Filipović, Z., 2007, *Konfiguracija akvizicionih sistema za merenje relevantnih parametara u okviru programa obuke test pilota*, 2. Konferencija Odbrambenih Tehnologija – OTEH 2007, Beograd, Oktobar 3–5.
- Olson, W. M., 2000, *Aircraft Performance Flight Testing*, Air Force Flight Test Center, Edwards AFB, California.
- Paulo, I., 2008, *Low-cost flight test system for light aircraft*, Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, Vol. 80, No 3, pp. 243–252.
- Sadraey, M., Joyce, D., O'Donnell, J., Bertozzi, N., 2009, *DWC flight test education at undergraduate level in realization of CDIO initiatives*, Proceedings of the 5th International CDIO Conference, Singapore Polytechnic, Singapore, June 7–10.
- www.cranfield.ac.uk/students/courses/page1487.html, (10. 10. 2011)
- www.aero.polimi.it/~trainelli/FlightLineLab/POLI-FlightLine.htm, (10. 10. 2011)
- www.dwc.edu/admissions/programs/engineering.cfm, (10. 10. 2011)

IMPROVEMENT OF THE MILITARY ACADEMY EDUCATION SYSTEM FOR AERONAUTICS STUDENTS USING THE FLYING LABORATORY

FIELD: Mechanical Engineering, Aeronautics
ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

This article describes a proposal to improve the educational process for the students of the Military Academy to support the maintenance of the Serbian Army aircraft based on the introduction of the subject called Aircraft Flight Tests. The article particularly emphasizes the importance of establishing aircraft laboratories with the basic characteristics of the test-measuring equipment necessary to be

integrated into the aircraft in order to realise practical tests of an aircraft in flight. The formation of aircraft laboratories would form a very strong didactic tool which would provide an optimal synthesis of theory and practice. This concept of improving the educational process would substantially raise the awareness of the necessity of cooperation and involvement of all research capacities of the scientific institutions in the Ministry of Defense of the Republic of Serbia.

Introduction

In their concept of education, modern higher education institutions in the world develop the aspect of applied research in addition to the development of the quality of their theoretical scientific teaching process. Expert analyses have noticed the tendency of decreasing interest in young people for technical sciences. This situation poses a problem of continuity of education of professional technical staff. One way of overcoming the lack of aviation engineers and services personnel in the Serbian Armed Forces is to introduce the curriculum of engineering aviation services at the Military Academy and improve it by introducing the subject Aircraft Flight Tests in terms of applied research, i. e. to enable students to work on aircraft testing. It is proposed to form a flying laboratory in the Technical Testing Center.

Flight test

Flight tests represent the final stage of aircraft production. The flight testing is a complex process that requires the engagement of numerous specialists in the field of aviation with a strictly defined test procedure. This paper describes the need for the integration of practice into the Military Academy students teaching process.

Role of flight testing in the education process of aeronautical engineers

The reasons are given for forming flying laboratories in the educational process for the Military Academy students. Practical flight tests for students training should be designed to link the theoretical knowledge acquired in the theoretical teaching, from the simplest aircraft performances to more complex and technically demanding tests. The knowledge gained in this practical course would allow students to complete their knowledge acquired in theoretical subjects.

Required resources for improving the education of aeronautical engineering students at the military academy

Flight testing requires specific resources that are unique and available at a very small number of university institutions. All resources can be divided into three groups: adequately qualified staff, equipment (aircraft and instrumentation) and software tools necessary for the flight execution and analysis. The institutions that would be involved in the education of aviation engineers already exist in the MoD RS, and they are: the Military Academy and the Technical Test Center.

Plan and programs of flight testing

The plan and program of flight tests is a basic document which should define the themes for practical flight tests, test methods and activities of all participants in the course. Based on the adopted plan and program, the acquisition system will be designed with adequate number of channels in order to satisfy all measuring parameters and adopt the methods by which testing will be performed. Six themes are given in the proposal of the flight test plan and program, with detailed descriptions of the features to be tested. The proposed program can be expanded in consultations with the qualified staff working team.

Conclusion

On the basis of the mentioned facts about conditions, potentials and capabilities of the Serbian Armed Forces, it can be concluded that the improvement of the educational process for technical officers in aviation services is feasible in terms of the forming an aircraft laboratory and introducing the subject of Aircraft Flight Tests, with minimal financial investment and multiple benefits for all institutions involved in this process.

Key words: Flying laboratory, education, measuring equipment, flight test.

Datum prijema članka/Paper received on: 01. 01. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 21. 04. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 23. 04. 2012.

MODELI UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM TEHNIČKIH SISTEMA

Igor J. Epler, Univerzitet odbrane u Beogradu,
Vojna akademija, 65. logistički bataljon,
Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-1570

OBLAST: mašinstvo (menadžment u mašinstvu), mehanika

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Postojeći modeli upravljanja održavanjem tehničkih sistema imaju za cilj obezbeđenje željene pouzdanosti i raspoloživosti sistema, po mogućnosti uz što manje troškova. Novi koncepti, koji se sve više primenjuju u svim oblastima života, zasnovani su na riziku. Takav pristup je moguć i poželjan i u području teorije i inženjerstva održavanja tehničkih sistema i vojnotehničkih sistema.

U ovom radu navedena su pojmovna određenja održavanja tehničkih sistema, modela upravljanja održavanjem i strategija održavanja. Nakon toga dat je pregled strategija i modela upravljanja održavanja tehničkih sistema, njihovi šematski prikazi i međusobna uporedivanja, kao i trendovi u upravljanju održavanjem tehničkih sistema, čijom bi se primenom možda mogle ostvariti uštede u održavanju, kako tehničkih, tako i vojnotehničkih sistema.

Ključne reči: model, upravljanje, održavanje, tehnički sistem, vojno-tehnički sistem, tehnički pregled, rizik.

Uvod

Proces održavanja predstavlja niz progresivnih promena stanja tehničkih sistema (TS) i vojno tehničkih sistema (VTS) u vremenu, izazvanih izvođenjem aktivnosti održavanja, koje obezbeđuju pretvaranje ulaznih u izlazne veličine, u skladu sa postavljenom funkcijom kriterijuma ili cilja.

Dobro je poznato da svi TS i VTS (u daljem tekstu TS), tokom vremena mogu da dožive različite poremećaje i druge događaje koji ometaju, pa i potpuno prekidaju njihovo ispravno funkcionisanje. Iako ovi poremećaji mogu da budu uslovljeni uticajima okoline, odnosno različitim prirodnim dejstvima, oni su najčešće izazvani pojavom otkaza elemenata TS.

Da bi se i pored toga obezbedilo da tehnički sistemi izvršavaju zadatke za koje su namenjeni, nužno je da se održavaju, tj. da se redovno podvrgavaju postupcima koji će sprečiti ili odložiti pojavu otkaza. Zato održavanje TS predstavlja jednu od najvažnijih aktivnosti u njihovom ukupnom životnom ciklusu.

Budući da je održavanje TS neposredno uslovljeno pojavom otkaza, koji mogu biti veoma različitog intenziteta i karaktera, upravljanje složenim postupcima održavanja mora biti zasnovano na izučavanju i analizi pojave otkaza. Drugim rečima, na zakonima teorije pouzdanosti. Pri tome se moraju uzeti u obzir i drugi važni činioci, a pre svega troškovi održavanja, koji obično zahvataju dobar deo ukupnih troškova životnog ciklusa.

U tom smislu, postupcima održavanja treba da se omogući rad tehničkih sistema bez otkaza, ili tačnije rad sa što manjom verovatnoćom pojave otkaza.

Uz to, treba da se obezbedi i da su posledice ili štete izazvane otkazima što manje, a i da su troškovi održavanja što manji.

Ovo načelo postaje složen upravljački zadatak. On se praktično rešava određenim politikama ili strategijama održavanja, na različitim konceptijskim opredeljenjima (npr. preventivno i korektivno održavanje) i metodama zasnovanim na različitim kriterijumima odlučivanja ili optimizacije. U svakom slučaju, izabranim modelom upravljanja održavanjem treba da se obezbedi da se na bazi osmišljenog uvida u stvarno stanje TS koji se održava omogući donošenje „najboljih“ odluka o tome kada, gde i koje postupke održavanja treba sprovoditi, vodeći računa o zahtevanoj pouzdanosti i gotovosti tehničkih sistema i odgovarajućim troškovima.

Ima više modela upravljanja održavanjem tehničkih sistema koji su se afirmisali u dosadašnjoj praksi.

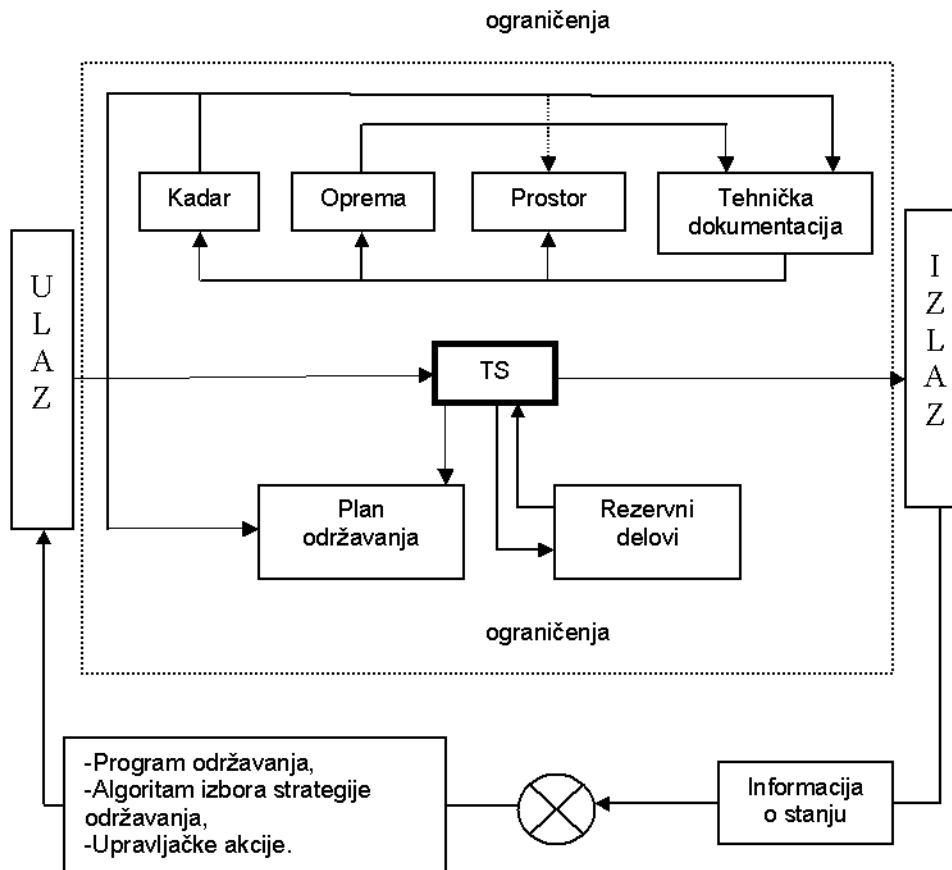
Upravljanje održavanjem je skup postupaka koji obezbeđuju držanje parametara postavljene funkcije cilja TS u granicama dozvoljenih odstupanja, u datom vremenu i datim uslovima okoline.

Osnovni postupci u procesu upravljanja održavanjem se sastoje od:

- predviđanja,
- utvrđivanja međuzavisnosti tehničkog sistema-okolina,
- planiranja,
- upravljanja zalihama rezervnih delova,
- operativne i tehničke pripreme procesa rada,
- izvođenja postupaka rada i kontrole troškova,
- analize postupaka promene stanja i
- regulisanje procesa održavanja.

Osnovna koncepcija u razvoju upravljačkih sistema zasniva se na principu prema kome je TS koji proizvodi određenu izlaznu veličinu upravljan povratnom spregom na bazi te izlazne veličine.

Na slici 1 je prikazan opšti model upravljanja održavanjem TS (Petković, et al, 1988), a na slici 2 je grafički prikazan mehanizam upravljanja održavanjem TS (Petković, et al, 1988).



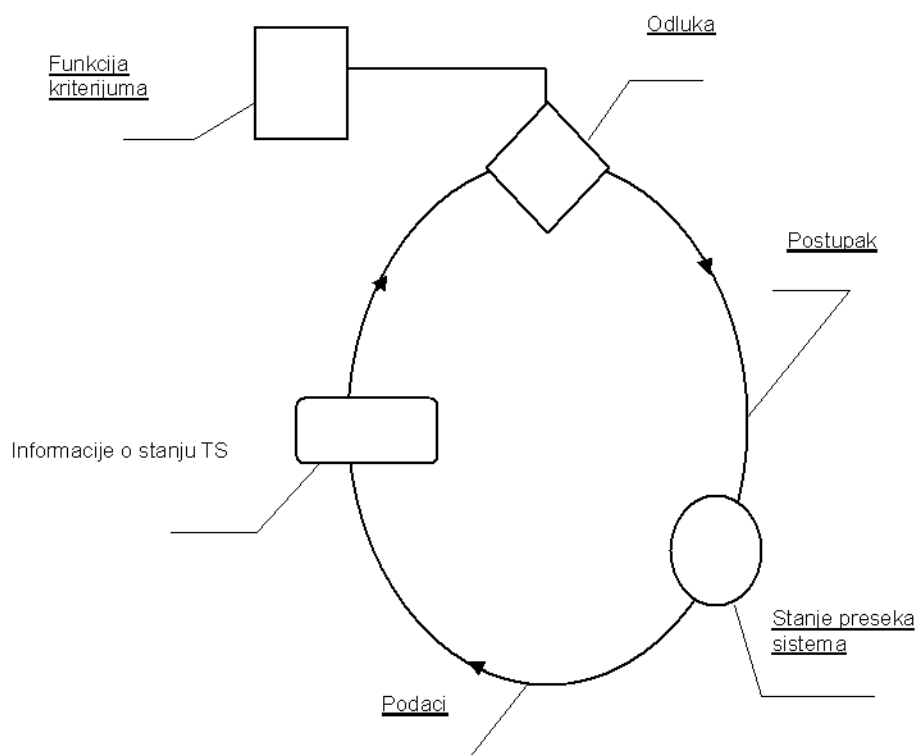
Slika 1 – Model upravljanja održavanjem TS
Figure 1 – Technical system maintenance management model

Ulazne veličine mogu biti:

- broj elemenata TS,
- intenzitet otkaza TS,
- frekvencija aktivnosti preventivnog održavanja,
- srednje vreme preventivnog održavanja,
- srednje vreme korektivnog održavanja,
- ostvareni (efektivni) kapacitet održavanja

Izlazne veličine mogu biti:

- operativna gotovost,
- troškovi i pouzdanost TS.



Slika 2 – Mehanizam upravljanja održavanjem tehničkih sistema
Figure 2 – Mechanism of technical system maintenance management

Iz prikaza se vidi da se na osnovu informacija o stanju i definisanih kriterijuma ponašanja tehničkih sistema donosi odluka za sprovođenje postupaka kojim će se prevazići postojeće stanje sistema.

Strategije i modeli upravljanja održavanjem tehničkih sistema

Strategiju održavanja je moguće definisati kao varijantu sistema održavanja, određenu koncepcijom, organizacijom i karakterom postupaka održavanja, kao i odnosom između pojedinih nivoa na kojima se vrši održavanje.

Kažimo nešto o tradicionalnim strategijama održavanja.

– *Preventivno održavanje* predstavlja skup postupaka održavanja koji se preduzimaju pre otkaza tehničkih sistema, sa ciljem sprečavanja nastanka istog zbog narušavanja eksploatacionih karakteristika ili stare-

nja delova. Politika preventivnog održavanja podrazumeva sledeće oblike: preventivne zamene po vremenskom resursu; preventivno održavanje prema stanju kao dijagnostički proces koji omogućava određivanje tehničkog stanja sastavnog dela (s/d) i TS i ima za cilj da obezbedi izvođenje akcija održavanja isključivo na osnovu stvarnog tehničkog stanja s/d i TS; preventivna kontrola po vremenskom resursu i zamena sastavnih delova (s/d) zavisno od njihovog stanja i prognoze tog stanja; preventivna zamena po eksploatacionom resursu bez obzira na stanje sastavnih delova; preventivna kontrola po eksploatacionom resursu i zamena s/d zavisno od njihovog stanja i prognoze tog stanja,

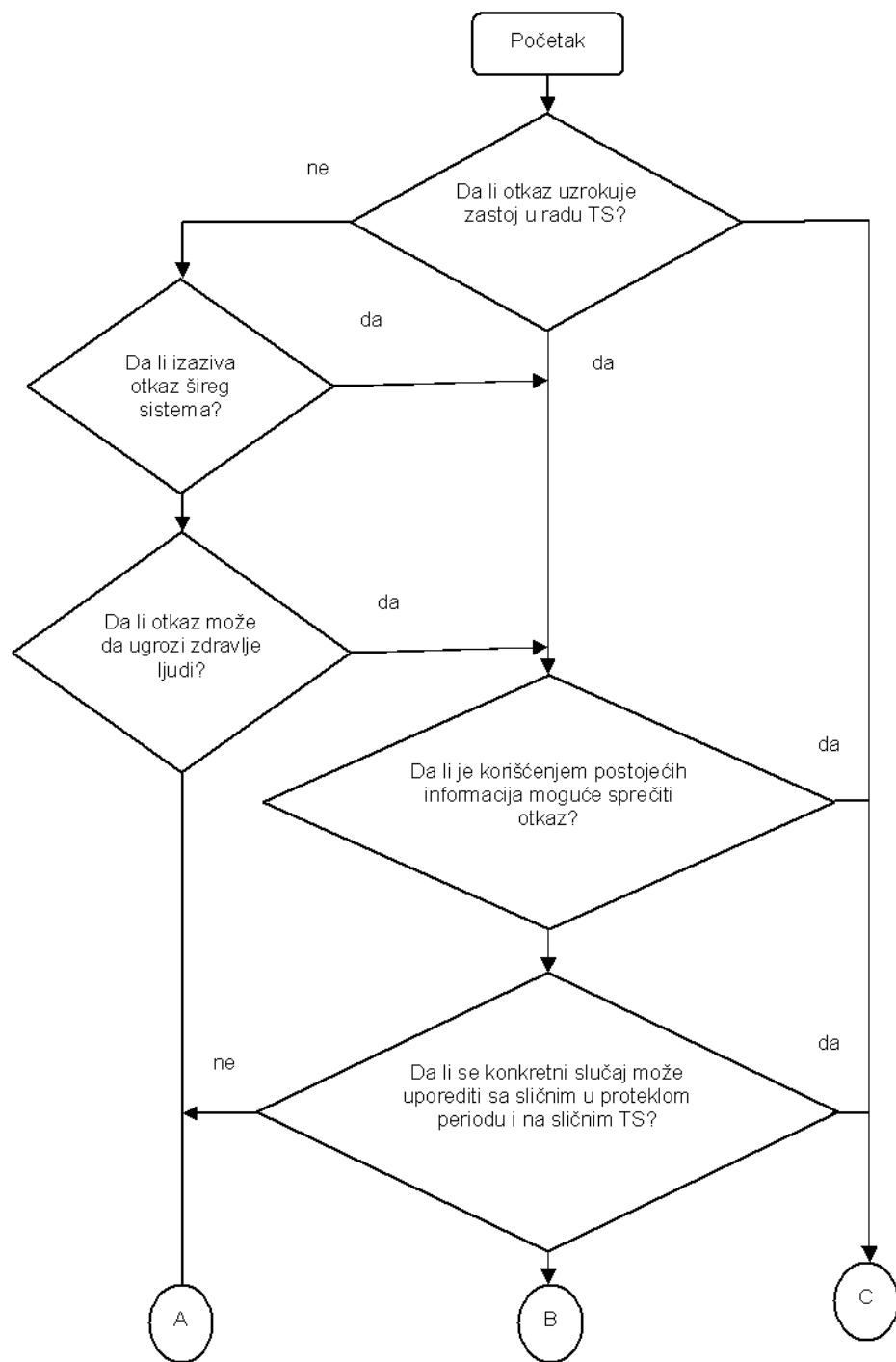
- *Korektivno održavanje* predstavlja skup postupaka koji se preduzimaju nakon nastanka otkaza sa ciljem vraćanja eksploatacionih karakteristika u definisane granice. Ova način se primenjuje kod slučajnih otkaza. Planiranje održavanja je u slučaju korektivnog održavanja otežano, ali je iskorišćenje radnog veka elemenata TS potpunije,

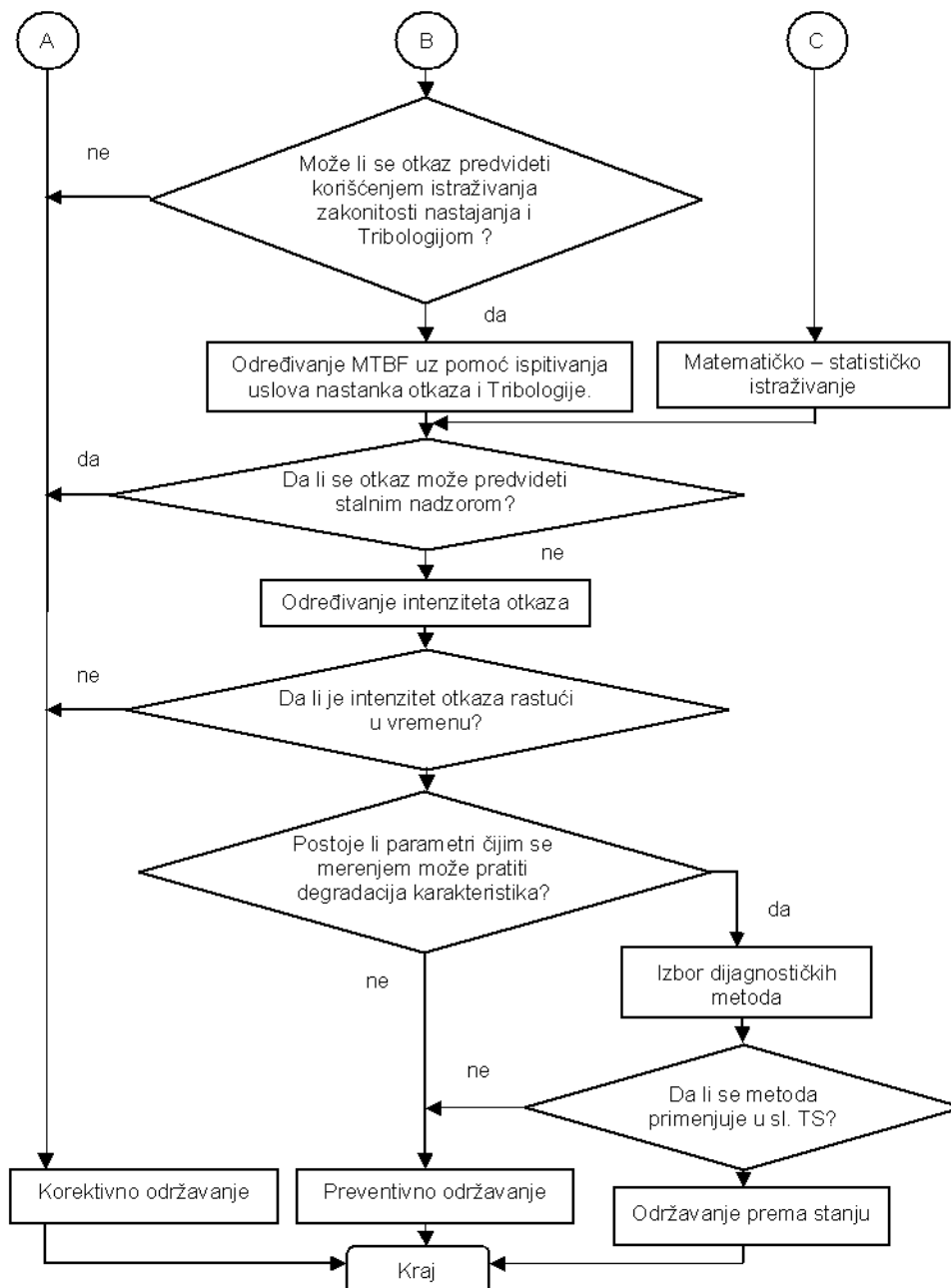
- *Kombinovano održavanje* podrazumeva eksploataciju TS do nastanka otkaza. Tada se preduzimaju zahvati korektivnog održavanja na dovođenju otkazalog dela u stanje u radu, a preduzimaju se i zahvati preventivnog održavanja koji odgovaraju ostvarenom vremenskom ili eksploatacionom resursu.

Modeli upravljanja održavanjem tehničkih sistema obuhvataju proverene strategije:

- Održavanje prema pouzdanosti (Reliability Centered Maintenance – RCM),
- Totalno proizvodno ili produktivno održavanje (Total Productive Maintenance – TPM),
- Održavanje prema rezultatima rada (Results Oriented Maintenance – ROM),
- Održavanje prema radu (Operation Centered Maintenance – OCM),
- Održavanje na bazi rizika.

Na slici 3 (Stanojević, 1997) prikazan je algoritam izbora strategije održavanja delova i tehničkih sistema u celini.





Slika 3 – Algoritam izbora strategije održavanja tehničkih sistema

Figure 3 – Algorithm for selecting a technical system maintenance strategy

Ovaj algoritam omogućava permanentnu adaptaciju strategije održavanja.

Upravljanje održavanjem primenom strategija održavanja kao skupom pravila kojim se unapred preciziraju postupci održavanja u različitim situacijama zasniva se na planiranju održavanja i realizaciji planova održavanja.

Upravljanje održavanjem obuhvata sledeće aktivnosti:

- prognoziranje i predviđanje,
- planiranje,
- izvršavanje i koordiniranje akcija održavanja,
- kontrolu rokova i kvaliteta izvršavanja akcija održavanja,
- kontrolu ostvarenih izlaznih performansi TS,
- kontrolu troškova održavanja.

Održavanje prema pouzdanosti tehničkih sistema

Održavanje prema pouzdanosti (RCM) je jedan od najčešće primenjivanih modela upravljanja održavanjem. Definisan je i međunarodnim standardima (A Guide to the Reliability – Centered Maintenance (RCM) Standard, 2002).

On traži snažnu informatičku podršku, bogate baze podataka o svim performansama pouzdanosti, gotovosti i drugim svojstvima TS. Iako baze podataka za primenu RCM modela često sadrže i podatke o ranijim postupcima održavanja, o njihovom efektu, trajanju, troškovima i drugim relevantnim elementima (uticaji na okolinu, zaštita ljudi i njihovog zdravlja itd.), presudni uticaj na donošenje odluka o tome kada, gde i koje postupke održavanja treba sprovoditi imaju zahtevi pouzdanosti, dok troškovi, uticaj na okolinu i eventualno drugi elementi imaju karakter ograničenja, koje valja zadovoljiti u mogućem, poželjno u što većem stepenu. Pri tome, odluke o održavanju u ovom slučaju donose kompetentni, kvalifikovani i posebno zaduženi radnici, odnosno visoko obučeno osoblje, dobro verzirano u dotični TS i proces njegovog korišćenja.

Model upravljanja održavanjem prema strategiji RCM očigledno traži velika sredstva, snažne računare i visoko sofisticirane softvere. Zato se on koristi samo tamo gde je to posebno važno, za održavanje TS visoke složenosti, velike odgovornosti i velikih rizika od posledica iznenadnih otoka i havarija. Drugim rečima, za termoeenergetska (kojih ima dosta i u Vojsci Srbije), nuklearna i procesna postrojenja, ali i u vazдушnom saobraćaju, raznim sistemima odbrane, telekomunikacione i informatičke sisteme itd. Pored potrebnih velikih ulaganja ovo je uslovljeno i samom prirodom i karakteristikama TS koji treba da se održava. Da bi se na ovaj

način donosile odluke o održavanju TS treba da se prati i analizira u dužim vremenskim periodima, uz stalna poređenja sa drugim i sličnim TS, koji rade pod tim ili nekim drugim uslovima. Potrebna je, dakle, homogena baza statističkih podataka.

To je često teško, pa i nemoguće obezbediti u slučaju TS koji su heterogene i stalno promenljive strukture, što je slučaj, na primer, sa velikim voznim parkovima, sastavljenim od različitih vozila, različite starosti i karakteristika, a i sa većinom metaloprerađivačkih pogona, struktuiranih sa velikim brojem različitih, obično unikatnih mašina.

Totalno proizvodno ili produktivno održavanje tehničkih sistema

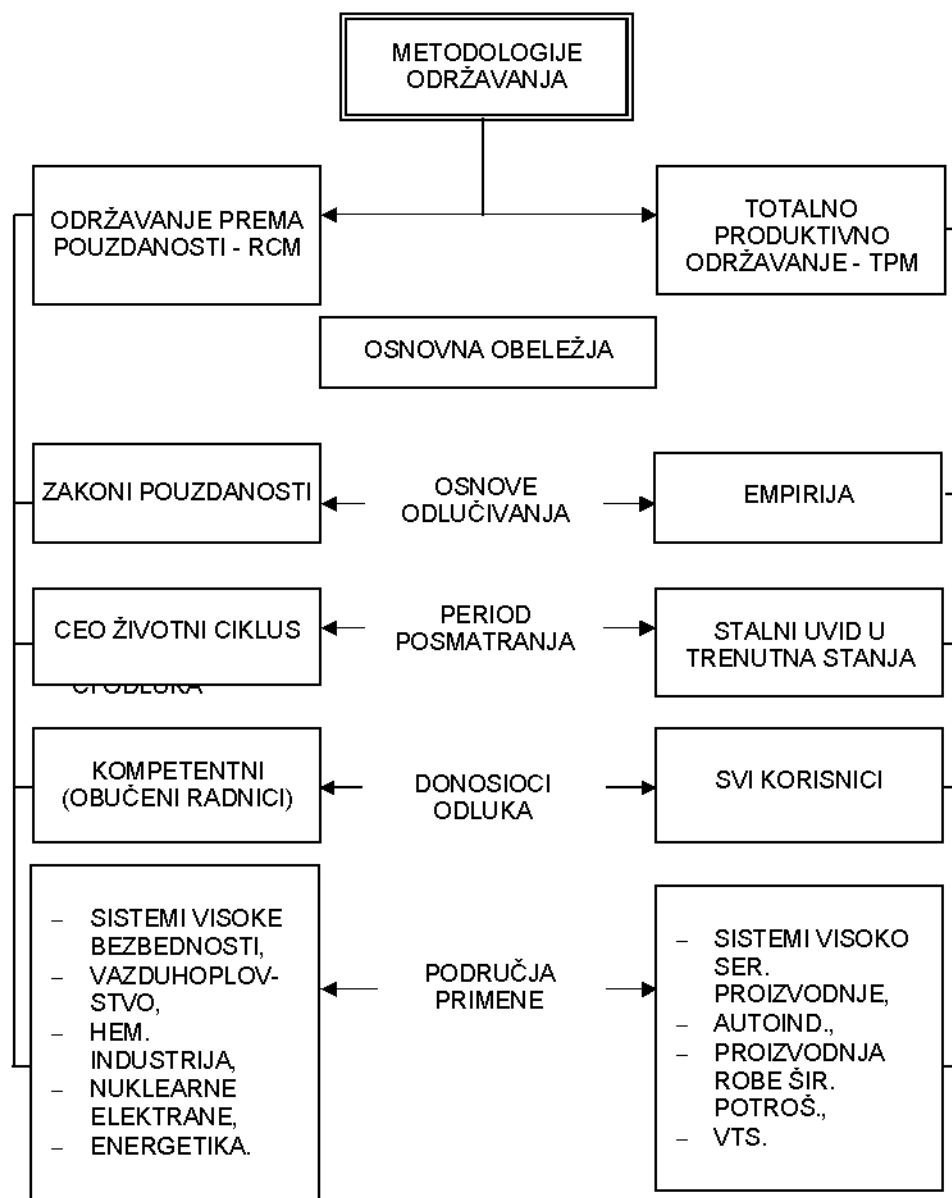
Model upravljanja održavanjem primenom strategije totalno proizvodnog održavanja (TPM) preporučuje se i široko primenjuje za složene i heterogene TS, kakvi su najčešće industrijski pogoni i određeni vojno tehnički sistemi (motorna vozila svih vrsta).

Ovo je znatno jednostavniji model, veoma je fleksibilan i traži manja ulaganja. On je u suštini empirijski i zasniva se na iskustvu radnika koji rade sa dotičnim TS, kao rukovaoci, kontrolori, planeri, rukovodioci i na svim drugim mestima koja su direktno ili indirektno vezana za rad TS. Pri tome se podrazumeva da svi oni imaju mogućnosti i znanja da u svakom trenutku ocene stvarno stanje TS i svih njegovih elemenata, odnosno da utvrde da li sve funkcioniše kako treba, a posebno da na osnovu sopstvenog iskustva iz prethodnog perioda rada TS ocene da li ima nagoveštaja da će uskoro doći do nekih poremećaja ili otkaza. To znači da u ovom slučaju nisu potrebne precizne informacije o pouzdanosti TS i njegovih elemenata, ali su vrlo korisne baze podataka o prethodnim postupcima održavanja, o tome zašto su i kada određeni postupci sprovedeni i kakav je bio njihov efekat.

Upravljanje održavanjem prema strategiji TPM se takođe zasniva na kriterijumima pouzdanosti i gotovosti, uz analizu troškova kao bitnog ograničenja, ali odluke o održavanju mogu da se donose i bez detaljnog poznavanja zakona pouzdanosti. To znači da se model upravljanja prema strategiji TPM može primenjivati i za TS koji su tek uključeni u proces rada ili koji se tokom vremena relativno malo koriste, odnosno za čije elemente je nemoguće odrediti zakone pouzdanosti.

Model upravljanja održavanjem TS primenom strategije TPM potiče iz Japana i deo je ukupne proizvodne filozofije koja se široko koristi u ovoj zemlji. Ovaj model upravljanja traži visoku radnu disciplinu, aktivan odnos korisnika i svih zaposlenih prema TS.

Na Slici 4 je dato pojednostavljeno upoređenje modela upravljanja održavanja prema strategiji RCM i TPM (Todorović, 1993).



Slika 4 – Upoređivanje metodologija održavanja
Figure 4 – Comparison of maintenance methodologies

Održavanje prema rezultatima rada tehničkih sistema

Model upravljanja održavanjem TS prema strategiji održavanja prema rezultatima rada (ROM) predstavlja izvestan kompromis modela prema strategijama RCM i TPM. U ovom slučaju osnovne odluke o održavanju donose se na bazi podataka koji se dobijaju brižljivim statističkim praćenjem rezultata rada TS, na primer tačnost izrade delova ili kvaliteta izlaznog proizvoda, ali uz nastojanje da se pri tome, ukoliko su raspoložive, koriste i baze podataka o pouzdanosti i ranijim postupcima održavanja. Prema ovom modelu, postupci održavanja se preduzimaju samo kada je to zaista nužno. Uz dostizanje potrebne pouzdanosti i gotovosti, rad po modelu ROM obezbeđuje i minimizaciju troškova održavanja. Ovaj model je interesantniji za proizvodne TS.

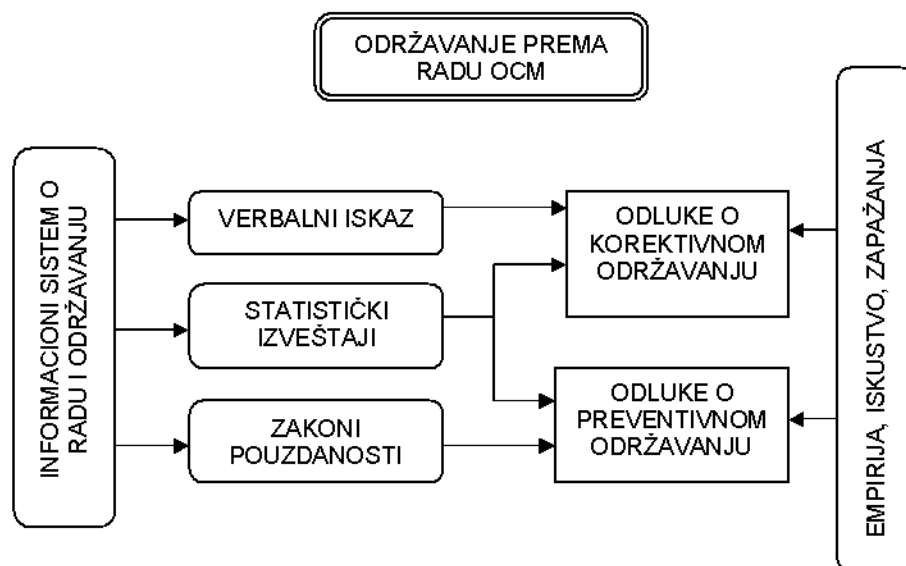
Održavanje prema radu tehničkih sistema

Model upravljanja održavanjem TS prema strategiji održavanja prema radu (OCM) je sličan prethodnom i takođe predstavlja određeni kompromis između modela prema strategijama RCM i TPM. Bitna je razlika u odnosu na prethodne je da se, po modelu OCM, za donošenje odluke o održavanju pored statističkih podataka o prethodnom radu TS, koriste i verbalni iskazi. Drugim rečima, strategija OCM, uključuje i elemente fazi logike.

Ovo se iskazuje odgovarajućom obradom ocena ili zapažanja radnika o svim pojavama tokom procesa rada TS, i to svih radnika koji učestvuju u ovom procesu.

Prema iskustvima autora u radu na poslovima održavanja različitih VTS, model upravljanja održavanjem prema strategiji OCM, mogao bi naći primenu na svim nivoima održavanja radarske tehnike roda Vazdušnog osmatranja i javljanja i uopšte kod svih VTS koja nisu, prilikom svog uvođenja u operativnu upotrebu, imala razvijene sve elemente Integralnog tehničkog obezbeđenja. U svom praktičnom radu sam bio svedok da se kadar za rukovanje i održavanje ne podmlađuje na vreme i da se pre opremanja sa VTS ne razrađuju tehnološki postupci održavanja, ne pišu uputstva za rukovanje i održavanje, ne obučavaju postojeće ljudstvo za rukovanje i održavanje. Zato su veoma važna zapažanja i beleške prethodnika koji imaju iskustvo u upotrebi i održavanju sličnih VTS.

Na slici 5 dat je šematski prikaz modela upravljanja održavanjem prema strategiji održavanja prema radu (Todorović, 1994).



Slika 5 – Šematski prikaz modela upravljanja održavanjem TS prema strategiji OCM

Figure 5 – Schematic model of technical sistem maintenance management by the OCM strategy

U donošenju odluka o održavanju u ovom slučaju, dakle, indirektno učestvuju svi radnici (kao kod modela prema strategiji totalnog produktivnog održavanja).

Održavanje na bazi rizika tehničkih sistema

Kao što se iz dosadašnjeg prikaza modela upravljanja održavanjem TS vidi, danas se u upravljanju održavanjem osnovna pažnja usmerava na obezbeđenje zahtevane pouzdanosti i gotovosti, odnosno na odgovarajuće verovatnoće pojave otkaza, a tek zatim i na posledice ovih neželjenih događaja. Pokazalo se, međutim, da je znatno bolje da se oba ova činioca, odnosno verovatnoće pojave neželjenih događaja i posledice ovih događaja posmatraju istovremeno. Obuhvatanjem oba ova faktora istovremeno mogu se donositi najbolje i efektivne odluke.

Rizik se definiše kao proizvod verovatnoće nastanka neželjenog događaja i posledica ovog događaja,

$$\text{RIZIK} = \text{VEROVATNOĆA} * \text{POSLEDICE}$$

Treba naglasiti da je rizik nešto sa čim mi, kao pojedinci, živimo iz dana u dan. Znajući ili neznajući, mi stalno donosimo odluke bazirane na riziku, na primer prelazak ulice, kupovina kuće ili ženidba. To su relativno proste odluke.

Analizama rizika poklanja se sve više pažnje, u svim oblastima života.

Metode analize rizika su se nametnule kao efikasni i sveobuhvatni postupci koji dopunjuju ili zamenjuju upravljačke metode u skoro svim sektorima života (zdravstvena zaštita, zaštita okoline, transport,...). Logično je da se koncept rizika primeni i u upravljanju održavanjem TS.

Model upravljanja održavanjem TS, prema strategiji održavanja na bazi rizika, ne predstavlja zamenu opisanih modela, već njihovu važnu i korisnu dopunu.

Model upravljanja održavanjem TS na bazi rizika se usmerava preventivno na preventivno održavanje, i to na preventivno održavanje prema stanju, koje se zasniva na osmišljenim tehničkim pregledima TS. Na osnovu rezultata ovih pregleda donose se odluke o potrebnim postupcima održavanja, kao i o tome šta, gde, kako i kada treba pregledati u narednom periodu vremena.

Pri tome je suštinski važno da se dobro uoče i odrede odnosi koji postoje između tehničkog pregleda i rizika. Pošto rizik ima dve komponente, verovatnoću i posledice, tehnički pregled treba da bude tako definisan da se na taj način smanjuje ili jedna ili obe komponente rizika.

Suštinu modela upravljanja održavanjem TS na bazi rizika je najbolje objasniti na jednom jednostavnom primeru. Ukoliko se na bazi izučavanja zakona pouzdanosti utvrdi da jedna komponenta u datom trenutku ima malu pouzdanost, modelom upravljanja prema pouzdanosti (RCM) definiše se tehnički pregledi i/ili preventivne zamene te komponente u određenim intervalima vremena. To će izazvati određene troškove održavanja. Ukoliko su, međutim, posledice otkaza te komponente veoma male, ukoliko se opravka može izvršiti brzo i lako, bez velikih troškova i ukoliko se ovim otkazom ne izazivaju značajni negativni efekti na rad TS, tj. ukoliko je rizik pojave tog događaja sasvim mali ili zanemarljiv, u programu tehničkih pregleda na bazi rizika ova komponenta će biti zanemarena. Usvojiće se da se ovi otkazi rešavaju korektivnim održavanjem. Tako će se ostvariti i zadovoljavajuća gotovost, a troškovi održavanja će biti manji.

Iz navedenog se vidi da su tradicionalne strategije održavanja (preventivno, korektivno i kombinovano) sastavni deo gotovo svih navedenih modela upravljanja održavanja i da nigde ne egzistiraju zasebno. Tu činjenicu uslovljava složenost i visoki tehnološki nivo TS u današnje vreme.

Zaključak

Održavanje TS predstavlja jednu od najvažnijih aktivnosti u njihovom ukupnom životnom ciklusu.

Postupcima održavanja treba da se omogući rad TS bez otkaza ili, tačnije, rad sa što manjom verovatnoćom pojave otkaza. Uz to treba da se obezbedi i da posledice ili štete izazvane otkazima budu što manji, a i da troškovi održavanja budu što manji.

Upravljanje održavanjem TS predstavlja složen proces. Kao što je u radu prikazano, on mora obuhvatiti sledeće komponente:

- objekat eksploatacije, TS,
- informacije,
- program,
- upravljačka delovanja.

Sve navedene komponente zahtevaju značajna ulaganja, koja je potrebno racionalno i na vreme predvideti i dobro isplanirati.

Recept za izbor načina održavanja i upravljanja održavanjem (koncepti i strategije) ne može biti dat unapred, jer on zavisi od:

- nivoa ostvarenih ukupnih troškova,
- nivoa ostvarenog profita,
- nivoa tehničkog stanja TS,
- nivoa gotovosti i pouzdanosti TS,
- sigurnosti u radu.

Tradicionalne strategije održavanja (preventivno, korektivno i kombinovano) sastavni su deo gotovo svih navedenih modela upravljanja održavanja i nigde ne egzistiraju zasebno. Tu činjenicu uslovljava složenost i visoki tehnološki nivo TS u današnje vreme.

Model upravljanja održavanjem prema strategiji održavanja na bazi rizika ne predstavlja zamenu opisanih modela, već njihovu važnu i korisnu dopunu.

Modele upravljanja održavanjem VTS ne treba uniformno primenjivati, već kombinovati i prilagođavati trenutnoj situaciji i stanju parametara TS i sistema za podršku, koji, u načelu, utiču na izbor načina održavanja i njegovog upravljanja.

Literatura

Petković, R., Kokanović, M., Ćirović, M., 1988, *Organizacija održavanja TMS*, Centar vojnotehničkih škola KoV JNA „General armije Ivan Gošnjak“, Zagreb.

Stanojević, P., 1997, *Uticaj tehničkih faktora na organizacionu strukturu održavanja, doktorska disertacija*, Mašinski fakultet, Beograd.

Todorović, J., 1993, *Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema*, JUMV, Beograd.

A Guide to the Reliability – Centered Maintenance (RCM) Standard, 2002, Society of Automotive Engineers.

MODELS OF TECHNICAL SYSTEM MAINTENANCE MANAGEMENT

FIELD: Mechanical Engineering (Organization, Economics
and Management in Mechanical Engineering)

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

The existing models of technical systems maintenance management provide required reliability and availability of systems, preferably with as little cost as possible. New concepts, increasingly applied in all areas of life, are based on risk. Such an approach is possible and desirable in the field of theory and engineering of maintenance of technical systems and military technical systems.

In this paper, the conceptual definitions of technical systems maintenance, maintenance management models and strategies are given, followed by an overview of strategies and models of maintenance of technical systems, their schematic views and mutual comparisons and trends in the management of maintenance of technical systems, the application of which could lead to savings in the maintenance of both technical and military technical systems.

Introduction

It is well known that, over time, all technical systems and military technical systems (hereinafter referred to as TS) can experience a variety of disorders, and other events that disrupt or even completely stop their proper functioning. Although these disruptions may be provoked by environmental impacts i. e. by a variety of natural phenomena, they are usually caused by failures of TS elements.

In order to ensure that technical systems perform tasks they are intended for, it is necessary to maintain them i. e. to regularly subject them to procedures which prevent or delay the occurrence of failures.

In this sense, maintenance procedures should enable that technical systems work without failures, or rather work with a lower incidence of failures.

In any case, the chosen model of maintenance management should ensure, based on the actual state of a particular TS, making the best decisions about when, where and what maintenance procedures should be implemented, taking into account the required reliability and readiness of technical systems and corresponding costs.

Strategies and models for managing the maintenance of technical systems

A maintenance strategy can be defined as a variant of a maintenance system, determined by concepts, organizations and characters of maintenance procedures, as well as by the relationship between the various levels at which maintenance is performed.

The models for managing maintenance of technical systems include the proven strategies:

- *Reliability Centered Maintenance – RCM,*
- *Total Productive Maintenance – TPM,*
- *Results Oriented Maintenance – ROM,*
- *Operation Centered Maintenance – OCM,*
- *Risk Based Maintenance.*

Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance is one of the most used models of maintenance management. It is defined by international standards.

Although the database for the application of RCM models often contain information about previous maintenance procedures, their full impact, duration, cost and other relevant elements (environmental impact, protection of people and their health, etc.), reliability requirements should have a decisive influence on decisions about when, where and what maintenance procedures should be performed while costs, environmental impact, and other elements have a limit character.

A decision on maintenance is made by competent, qualified, responsible and highly trained staff, experienced with a respective TS and the process of its functioning.

The model of maintenance management using the RCM strategy obviously requires substantial resources, powerful computers and highly sophisticated software. It is, therefore, used only where it is particularly important to maintain TSs of high complexity, high accountability and high risk from the consequences of sudden failures and breakdowns.

It is used, for example, in thermal energy plants (numerous in the Army of Serbia), nuclear plants and processing plants, but also in air transport, various defense systems, telecommunications and information systems, etc.

Total Productive Maintenance

The model of maintenance management using the total productive maintenance (TPM) strategy is recommended and widely used for complex and heterogeneous TSs such as most industrial plants and certain military technical systems (motor vehicles of all kinds).

This much simpler model is very flexible and requires less investment. It is essentially empirical and based on the experience of staff working with a particular TS as handlers, supervisors, planners, managers and at all other positions directly or indirectly related to the TS functioning. It is assumed that they all have the ability and knowledge to assess a real state of the TS and all its elements at any moment, or to determine if everything works well. They should especially be able to assess, from their personal experience from the previous period of TS work, whether there are indications for a disorder or failure to occur soon. This means that, in this case, precise information on the reliability of a TS and its elements is not necessary; however, databases of past maintenance practices are very useful, as to why and when certain actions were carried out and what their effect was.

Maintenance management using the TPM strategy is also based on the criteria of reliability and readiness and the cost analysis as an important limitation, but a decision on maintenance can be made without detailed knowledge of the law of reliability. This means that the TPM strategy management model can be applied for TSs that have just been involved in the working process or are relatively rarely used, i. e. it can be applied for TSs for the elements of which it is impossible to determine reliability laws.

Results Oriented Maintenance

The model of TS maintenance management using the strategy of maintenance by operation results (ROM) represents a certain compromise with the RCM and TPM strategies. In this case, the basic decisions on maintenance are made on the basis of data obtained by careful monitoring of the statistical results of the TS operation, such as the accuracy of component parts or final product quality, together with databases on reliability and previous maintenance procedures, if they are available. Maintenance procedures are undertaken only when really necessary. This model is interesting for production TSs.

Operation Centered Maintenance

The model of TS maintenance management using the strategy to maintain by operation (OCM) is similar to the previous one and also represents a compromise between the RCM and TPM strategy models.

A major difference compared to the previous models is that the OCM for the decision for maintenance uses not only statistical data on previous TS work but also verbal statements. In other words, the OCM strategy includes the elements of fuzzy logic.

Risk Based Maintenance

The model of maintenance management based on the risk strategy is not a replacement of the described models, but their important and useful addition.

The model of TS maintenance management based on risk focuses mainly on preventive maintenance, especially on condition preventive maintenance based on well-organised technical inspections of TSs. Based on the inspection results decisions are made about necessary maintenance procedures and what has to be inspected (where, how and when) in the next period.

It is essential to detect and identify relations that exist between the technical inspection and risk. Since risk has two components, probability and consequences, technical inspection should be defined in such a way that it reduces one or both risk components.

Conclusion

The traditional strategies of maintenance (preventive, corrective and combined) are an integral part of almost all of the above maintenance management models. They do not exist anywhere separa-

tely. This fact is caused by complexity and a high technological level of TSs in the present time.

The risk-based maintenance management model is not a replacement of the described models, but their important and useful addition.

The models of maintenance management for military technical systems should not be uniformly applied, but should be combined and adapted to the current situation and the state parameters of TSs and support systems, which, in principle, influence the choice of maintenance and its management.

Key words: model, management, maintenance, technical system, military technical system, technical inspection, risk.

Datum prijema članka/Paper received on: 19. 02. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 18. 03. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 20. 03. 2012.

PERCEPCIJA LJUDSKE GREŠKE U INTEGRALNOM SISTEMU UPRAVLJANJA KOMUNALNIM OTPADOM

Zoran K. Čeganjac, Umetnička škola Užice,
Đorđe Mihailović, Visoka tehnološka škola Aranđelovac,
Jelena M. Kostadinović, JPTT Užice

DOI: 10.5937/vojtehg61-1368

OBLAST: materijali
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Rizici od grešaka zaposlenih na raznim nivoima u organizaciji i sprovođenju veoma odgovornih zadataka u oblasti upravljanja komunalnim otpadom su veoma izraženi. Mogućnosti za zaštitu od otpada rastu u skladu sa razvojem ekološke odgovornosti. Industrijalizacija je uticala na povećanje nastajanja otpada, koji postaje svetski problem, a u narednom periodu biće jedan od prioriteta za rešavanje. Javljaju se nove tehnologije za upravljanje otpadom, a proizvođači otpada otkrivaju nove mogućnosti primene recikliranih materijala.

Ključne reči: ljudska greška, životna sredina, otpad, upravljanje otpadom, recikliranje.

Uvod

Problem zagađivanja vazduha, dugo prisutan, sigurno je jedan od najbrže rastućih problema u vezi sa čovekovim uticajem na životnu sredinu. Koncentracija gasova staklene bašte u atmosferi je u stalnom porastu. Isto tako i odlaganje komunalnog otpada postaje sve veći problem. Među čvrstim otpadnim materijama, veliki udeo ima organski otpad, koji se biološki razlaže i pri tom oslobađa i emituje u atmosferu gasove sa efektom staklene bašte. Predmet istraživanja rada je ocena rizika od nastajanja gasova staklene bašte, kao i mogućnost ljudske greške u integralnom upravljanju komunalnim otpadom.

Podataka o sastavu komunalnog otpada, i količini pojedinih materija u našoj zemlji je malo. Postoje literaturni podaci o načinu upravljanja otpadom, kao deo održivog razvoja, ali je malo podataka o samom sastavu otpada u pojedinim gradovima, kao i razlikama u sastavu od mesta do mesta. Poseb-

no je malo, ili uopšte nema, podataka o otpadu u ruralnim oblastima, jer se u selima otpad uglavnom ne sakuplja i ne odlaže na deponije.

U našoj zemlji ne postoje razrađene i prihvaćene metode za određivanje emisije gasova staklene bašte iz komunalnog otpada, pa su predmet istraživanja i tehnike i metode za procenu nastajanja metana i ostalih gasova staklene bašte kao i koraci njihove primene.

Integralni sistem menadžmenta čvrstim otpadom zasnovan je na analizi, razmatranju i definisanju metoda i postupaka tretmana čvrstog otpada, polazeći od mogućnosti za njegovo smanjivanje, biranjem optimalnih puteva tretmana čvrstog otpada od mesta njegovog nastajanja do konačnog, po životnu sredinu i zdravlje, neškodljivog zbrinjavanja (Đukanović, 1996).

Postizanje ovog cilja nužno zahteva proučavanje sastava i količine komunalnog otpada, određivanje metoda u upravljanju otpadom, kao i kvalitativno i kvantitativno određivanje gasova sa efektom staklene bašte koji se emituju iz otpada. Treba skrenuti pažnju da je sam pristup ovom problemu izložen stalnim rizicima od grešaka odgovornih osoba. Greške su uzrokovane raznim uticajima kako iz industrijskih sredina, tako i zbog psiholoških parametara svakog učesnika pojedinačno. Tehnike procenjivanja emisije gasova iz komunalnog otpada su:

- prikupljanje uzoraka ili merenja na licu mesta,
- bilans ravnoteže masa,
- proračuni na osnovu analize sastava goriva,
- faktori emisije.

Menadžment čvrstim komunalnim otpadom

Čvrsti komunalni otpad je post-potrošački materijal koji obuhvata, kao elemente, većinu trajnih i potrošnih dobara i artikala, kutije i druge vrste ambalaže i ostali materijal za pakovanje, ostatke namirnica, dvorišni ili baštenski otpad i neorganski otpad iz stambenih, komercijalnih i drugih izvora.

Prema OECD-u, komunalni otpaci uključuju otpatke iz domaćinstva (sa kabastim otpacima), slične otpatke iz malih komercijalnih ili industrijskih objekata i pijačne i baštenske otpatke koji se sakupljaju zajedno sa kućnim otpacima. Pored navedenih, komunalni otpaci mogu da uključuju i neke građevinske otpatke i ostatke od rušenja, kao i ulične otpatke od čišćenja i otpatke sa puteva.

Čovečanstvo ulazi u novi vek sa velikim ekološkim problemima, kao što su povećano stvaranje otpadnih materija raznog porekla i sadržaja u sva tri agregatna stanja. Odlaganje i eliminisanje otpada postaje sve više opšti problem, iako je istovremeno izrastao iz lokalnih problema. Na udaru ovog problema nalaze se i posebno su ugroženi gradovi. Osim što količine otpadaka rastu sa povećanjem broja stanovnika, one se uvećavaju i sa povećanjem standarda.

Najnovija istraživanja izvedena tokom zadnje decenije prošloga veka produžavaju istim pravcem tretiranja problema uzročnosti ljudske greške u organizaciji. Tako, na osnovu sopstvenih rezultata Van der Schaf (1992) zaključuje da „svaki put kada se neki rukovodilac, poslovođa, procedura ili deo opreme ponaša na neočekivan način, i time sprečava verovatno rušenje produktivnog sistema ili ponovo uspostavlja zahtevane nivoe bezbednosti i pouzdanosti, te pozitivne devijacije mogu biti otkrivene, prijavljene i analizirane s namerom da se poboljša kvalitativni uvid u funkcionisanje sistema u celini (Okvima strategija Srbije i Crne Gore, 2005).

Otpad koji nastaje kao rezultat ljudskih aktivnosti je: karton, papir, plastika, tekstil, koža, nameštaj, staklo, konzerve, bela tehnika, vozila i njihovi delovi, sanitarni uređaji, automobilske gume, građevinski materijal, mulj iz postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, biohazardni otpad (otpad iz bolnica, životinjski leševi i sl.).

Najvažnija karakteristika komunalnog otpada je da lako truli i da se brzo razgrađuje, naročito leti pri visokim temperaturama vazduha. Nastajanje i širenje neprijatnih mirisa je prateći proces truljenja otpada. Jedan od najuspešnijih metoda menadžmenta čvrstim otpadom, poznat kao integrisani metod upravljanja otpadom, jeste međunarodno prihvaćen i dokazani pristup tom upravljanju. Primenujući taj pristup, u ovoj oblasti se kombinuju komplementarne alternative upravljanja kako bi se aktivnosti vezane za njega ostvarile na ekološki zdrav i ekonomičan način.

Komponente integrisanog metoda upravlja komunalnim otpadom su (Okvima strategija Srbije i Crne Gore, 2005).

- smanjenje broja izvora otpada, tj. sprečavanje nastanka otpada (uključujući ponovnu upotrebu proizvoda),
- recikliranje materijala,
- kompostiranje (proizvodnja komposta),
- sagorevanje,
- odlaganje na deponijama nasipanjem (nasipnim deponijama).

Integrisani sistem upravljanja čvrstim otpadom zasnovan je na analizi, razmatranju i definisanju metoda i postupaka tretmana čvrstog otpada, polazeći od mogućnosti za njegovo smanjivanje, biranjem optimalnih puteva tretmana čvrstog otpada od mesta njegovog nastajanja do konačnog, po životnu sredinu i zdravlje neškodljivog, zbrinjavanja.

Razvoj integrisane strategije upravljanja otpadom podrazumeva sledeće ključne etape:

- definisanje opsega i cilja strategije,
- prognoza budućih količina i sastava otpada i sociološko- ekonomski aspekti,
- pregled i analize postojećeg problema,
- identifikaciju i definisanje problema i nedostataka koji su povezani sa postojećim planovima i sistemima za upravljanje otpadom.
- definisanje i analiza strateških ciljeva,

- identifikacija i evaluacija opcija za dostizanje datih ciljeva,
- formulisanje strategije,
- priprema strateškog plana implementacije,
- mogućnost periodičnog pregleda.

Kada se nastoji da se identifikuju, definišu i analiziraju problemi koji se tiču postojećih planova i postupaka, važno je biti što je moguće određeniji i odrediti pravu prirodu uzroka i posledica (tabela 1). Takođe, definisanje problema i bit-niji uzroci tih problema treba da se označe kao negativno stanje, tj. situacija koja kroz razne mere aktivnosti treba na kraju da pređe u pozitivno stanje.

Definisanje i analiza problema u menadžmentu otpadom

Tabela 1

Definition and the analysis of the problems in waste management

Table 1

Oblast ili aktivnost	Ključni problem	Glavni uzroci	Glavne posledice (efekti)
Institucionalni nacrt	Nedovoljan kapacitet	Manjak sredstava (tehničkih, ljudskih i finansijskih).	Neodgovarajući ili neefektivni sistemi za upravljanje otpadom.
Politika i zakonodavstvo	Državna politika prema upravljanju otpadom koja nije dovoljno razvijena – Postojeće zakonodavstvo o upravljanju otpadom neadekvatno.	Postojeća politika se ne odnosi na sve ključne oblasti upravljanja otpadom – Predloženo novo zakonsko uređenje nije implementirano.	Nema jasne osnove za određivanje prioriteta, izvođačkih zahteva i ciljeva. – Tražene standarde za upravljanje otpadom je teško ili nemoguće primeniti i osnažiti
Porast otpada	Podaci o izvorima, prirodi i količini otpada su netačni i /ili nepouzdati.	Redovni monitoring tipova i količine otpada nije sprovedeno efikasno.	Planiranje, upravljanje i kontrola.
Prevenција otpada	Kada proizvođači otpada nisu svesni mogućih situacija i koristi od sprečavanja.	Informacije o mogućnostima i tehnikama za sprečavanje otpada nisu u potpunosti dostupne – Kada pravi, istinski, troškovi oko kontrole otpadom radi čiste sredine ne nailaze na susret proizvođača otpada.	Resursi, uključujući one koji se tiču upravljanja otpadom nisu upotrebljeni efikasno. – Zahtevi za rukovanje otpadom i njegovim odlaganjem su viši nego što treba.
Sortiranje i reciklaža	Ograničena ili nikakva potreba za nekim od materijala koji se mogu reciklirati.	Nizak kvalitet i tržišna vrednost nekih od materijala za reciklažu. – Nedostatak izlaza na lokalnom tržištu za neke od materijala za reciklažu.	Nema intervencije, širine za budući oporavak i reciklažu nekih materijala.
Tretiranje otpada i njegovo odlaganje.	Dostupne mogućnosti i kapaciteti za tretiranje i odlaganje otpada.	Zakonodavstvo i standardi nedovoljno efikasno osnaženi.	Zagađenost vazduha, vode i zemljišta.

Faze menadžmenta čvrstim otpadom

Prikupljanje i transportovanje čvrstog otpada iz domaćinstava

Prikupljanje i transportovanje otpada je prva od alternativa u domenu upravljanja čvrstim otpadom. Kad se otpad stvori, on se mora uskladištiti na mestu svog nastanka, potom se mora prikupiti i transportovati radi odlaganja na deponiju ili postupanja na drugi način (u uređajima za prerađivanje i sl.). Prikupljanje i transportovanje obično su najskuplji elemenat u sistemu upravljanja otpadom.

Na troškove povezane sa prikupljanjem i prevozom čvrstog otpada iz domaćinstava i takvog komercijalnog otpada utiču sledeći faktori: tip i količina otpada, pristup odgovarajućom saobraćajnicom i uslovi osobeni za taj pristup, lokacija prikupljanja (na primer: kontejneri uz ivičnjak na ulici ili sabirni centar), broj i tip domaćinstava i privrednih objekata (na primer individualne, tj. posebne kuće ili višespratnice sa velikim brojem stanovnika), privatna ili javna služba prikupljanja otpada, zahtevi i uslovi koji se odnose na rukovanje specijalnim otpadom. Prikupljanje i transportovanje čvrstog otpada iz domaćinstava je posebno skupo, jer se otpad mora prikupiti iz svakog pojedinog domaćinstva ili iz stanica za prikupljanje.

U mnogim razvijenim zemljama, u većini lokalnih zajednica otpad (papir, biootpad, plastika) se odnosi jednom nedeljno. Staklene boce se sakupljaju u zajedničkim kontejnerima. Ovaj način je jeftiniji, međutim, stanovnici za vreme toplih letnjih dana žele češće odvoženje otpada kako bi se smanjio neprijatan miris i time zaštitilo zdravlje.

Skladištenje i razdvajanje čvrstog komunalnog otpada

Otpad je moguće skladištiti na mestima njegovog prikupljanja, u posebne veće kontejnere, vreće, kante ili jednostavno na gomilama otpada. Metod skladištenja može uticati na visinu troškova, naročito ako se oni porede sa troškovima ručnog i automatizovanog prikupljanja otpada. Takođe, i poluautomatski i potpuno automatizovani kamioni mogu funkcionisati samo sa kantama ili kontejnerima, koji su posebno konstruisani za prihvatanje i utovar u takva vozila. Onaj otpad koji nije smešten u kontejnere, mora se ručno tovariti u kamion za odvoženje.

Transport otpada do transfernih stanica

Ponekad opštinske komunalne službe nalaze da je efikasnije ili pogodnije da se neki otpad prebacuje iz primarnih kontejnera u koji se sakuplja, u veća vozila na transfernim stanicama. Posle ovakvog prebaciva-

nja otpad se dalje prevozi do mesta odlaganja. Ako je mesto za odlaganje otpada znatno udaljeno od mesta njegovog stvaranja, ovakvim načinom transfera otpada moguće je smanjiti troškove transporta.

Smanjenje broja izvora stvaranja otpada

Ovakvo smanjenje se odnosi na redukciju količine ili toksičnosti otpada koji se stvara na samom izvoru njegovog nastanka. Smanjenje broja izvora predstavlja najefikasniji pojedinačni način upravljanja čvrstim otpadom, jer ukoliko se otpad uopšte ne stvara, nema ni potrebe da se njime upravlja, odnosno bilo kako postupa. Smanjenjem toksičnosti raznih vrsta otpada smanjuje se i obim štetnih dejstava povezanih sa upravljanjem i odlaganjem otpada.

U osnovne mere smanjenja izvora nastanka otpada spadaju:

- smanjenje količine proizvoda koji se koriste u proizvodnji,
- smanjenje upotrebe proizvoda ili materijala u opštoj potrošnji,
- ponovna upotreba proizvoda ili materijala,
- produženje veka trajanja proizvoda (na primer: baterije koje se mogu puniti),
- smanjenje količine materijala potrebnog za pakovanje proizvoda,
- smanjenje otpada u proizvodnji,
- smanjenje toksičnosti otpada.

Recikliranje otpadnih materija

Recikliranje otpadnih materija je organizaciono-tehnički proces čije pozitivne strane sagledavamo kroz: uštedu primarnih sirovina, konzervaciju energije, ekološku efikasnost i ekonomsku efikasnost. Recikliranje je dinamičan proces u kome se materijali koji su inače namenjeni za odlaganje na otpad izdvajaju iz toka generalnog otpada. Takvi materijali, pošto su poslužili svojoj prvobitnoj nameni, se dalje prerađuju, jer još uvek imaju korisne fizičke ili hemijske osobine. Postoji nekoliko kategorija materijala koji se široko recikliraju: staklo u raznim bojama, čelik, aluminijum, talasasti karton, kancelarijski papir, novinski papir, kao i izvesni tipovi plastike (Podloge za slušanje predavanja, 2005/2006). Prikupljeni materijali ove vrste mogu se preraditi i od njih je moguće napraviti nove proizvode.

Recikliranjem se smanjuje količina materijala koja je inače namenjena odlaganju na otpad, kao i potreba za originalnim materijalima – sirovinama. Papir je najzastupljeniji materijal za recikliranje u gradskom otpadu. Njegovo procentualno učešće zavisi od stepena ekonomske moći stanovništva, jer sa njegovim rastom, povećava se i prisustvo u otpadu. Staklo je značajna komponenta komunalnog otpada, čije prikupljanje započinje razdvajanjem otpadnog stakla po boji. Ovakvo razdvajanje stakla u raznim bojama (bela, zelena, braon) se već godinama primenjuje u Nemačkoj.

Sortirani materijali za reciklažu mogu se prebacivati i direktno do postrojenja za recikliranje, gde se iz njih uklanjaju zagađujući sastojci, pa se zatim korisni materijal sabija, da bi se smanjili troškovi prevoza. U pomenutim postrojenjima se stari papir raznog kvaliteta, karton i slično, ravno i pakuju u bale, dok se staklo – flaše, tegle, melje i granulira. Postrojenja za reciklažu primaju materijale za svoj rad iz centara za predaju otpada ili centara za otkup, koji se nalaze u naseljima.

Ako se od prikupljenog materijala recikliranjem proizvodi isti proizvod moguće su uštede u osnovnoj sirovini i do 95%. Ako se prikupljeni materijal koristi za proizvodnju drugog proizvoda uštede na osnovu sirovina su manje. U procesu recikliranja treba uložiti određenu količinu energije kod pripreme sekundarne sirovine i kod transporta materijala do proizvodnog pogona.

Kompostiranje

Kompostiranje predstavlja metod u menadžmentu čvrstim otpadom po kome se jedan deo toka čvrstog otpada biološki razlaže u kontrolisanim uslovima. Finalni proizvod je humus – masa, tamno-smeđe boje poznata pod nazivom kompost. U procesu pretvaranja biorazgradivog komunalnog otpada u kompost troše se voda i kiseonik, a oslobađa se toplota. Kompostiranje je aerobni fermentacijski proces koji se odvija u izvanredno heterogenoj masi, posebno kod obrade komunalnih organskih ostataka, s obzirom da je masa tokom procesa izložena velikim strukturnim fizičko-hemijskim promenama.

Posebno važni parametri u procesu kompostiranja su: sadržaj kiseonika, vlažnost, temperatura, odnos sadržaja ugljenika i azota, struktura (veličina) čestica-zapremina pora.

Humus se sastoji od kondenzovanih aromatičnih struktura velike molekularne mase, izrazito otpornih daljoj razgradnji. Obično se tokom kompostiranja izgubi oko 60% početne mase biootpada, zbog mineralizacije u ugljen-dioksid i vodu.

Temperatura kompostne mase je povezana, odnosno proporcionalna je mikrobiološkoj aktivnosti unutar komposta. Kako se metabolička aktivnost mikroba povećava, raste temperatura kompostne mase.

Spaljivanje otpada

Spaljivanje čvrstog komunalnog otpada je tradicionalno široko prihvaćeni metod upravljanja otpadom. Moderna postrojenja za sagorevanje komunalnog čvrstog otpada uključuju uređaje za pretvaranje otpada u energiju, ili uređaje za spaljivanje namenjene smanjenju količine otpada. Korišćenje sagorevanja kao tehnike u aktivnosti upravljanja otpadom je široko rasprostranjeno u Evropi (Austrija, Nemačka). Ipak, ova tehnika se često i odbacuje zbog protestovanja javnosti protiv njenih negativnih elemenata u domenu zdravlja i očuvanja životne sredine.

Sagorevanje, bilo u cilju dobijanja energije, bilo radi smanjenja zapremine otpada, uvek ima za posledicu pepeo kao ostatak ovog procesa, koji se onda mora odlagati na deponije i nasipati, a u izvesnim slučajevima i reciklirati. Metod jednostavnog spaljivanja da bi se smanjila zapremina čvrstog komunalnog otpada, poslednjih trideset godina koristi se sve manje. Smanjenje korišćenja spaljivanja bilo je uglavnom posledica stava javnosti, u kojoj se ono shvatalo kao problem zagađivanja vazduha, i ugrožavanja ljudskog zdravlja.

Postoje dva tipa postrojenja za dobijanje energije iz otpada: postrojenja za masovno sagorevanje svih vrsta otpada i postrojenja u kojima se koristi gorivo dobijeno iz inače (na drugi način) neupotrebljivog otpada.

Ovako dobijeno gorivo može se koristiti u specijalnim boilerima, a može se kombinovati i sa drugim vrstama goriva, kao što je ugalj. Sagorevanje čvrstog komunalnog otpada često se uzima u obzir kod koncipiranja sistema upravljanja ovim otpadom tamo gde je prvenstveni cilj upravljanja preusmeravanje maksimalno moguće količine komunalnog čvrstog otpada koji se, umesto odlaganja na deponije, obrađuje na taj način. Neke komponente komunalnog čvrstog otpada koje se mogu sagoreti nisu pogodne za kompostiranje niti su praktične za recikliranje. To je slučaj sa nekim plastičnim smolama. Ozbiljniji je problem zagađivanja vazduha, jer se putem dimnjaka dimni gasovi raznose u okolinu.

Deponovanje otpada

Odlaganje otpada na zemljište je poslednji korak u hijerarhiji integrisanog upravljanja otpadom i predstavlja delatnost kontrolisanog, trajnog odlaganja otpada na deponije ili bilo koju od delatnosti trajnog odlaganja otpada. Postoje dva tipa odlaganja otpada na zemljište: odlaganje nasipanjem zemljišta i rasprostiranje otpada po tlu ili odmah ispod površine zemljišta. I dok smanjenje broja izvora otpada, recikliranje, proizvodnja komposta od otpada i sagorevanje, predstavljaju način smanjivanja i preusmeravanja znatnih količina čvrstog otpada, koji bi se inače odlagao na tle, ovaj krajnji metod odlaganja otpada biće i dalje potreban za neke vrste tokova otpada. Prilikom sagorevanja čvrstog komunalnog otpada ne uništava se sav otpad, niti se sav emituje putem gasa. 20 do 30% ili više od količina koje su unete, može preostati kao pepeo koji se mora, ako za njega nema prilike za recikliranje, odložiti na deponije na zemljištu. Emisija gasa na deponijama zabrinjava zbog potencijalnog rizika od eksplozije, štetnog uticaja na zdravlje, a ne treba zanemariti ni doprinos fenomenu globalnog zagrevanja. Prikupljanje i tretiranje gasa sa deponije neophodno je radi njegovog boljeg kontrolisanja. Nastali „deponijski“ gas se može korisno upotrebiti. Korišćenje „deponijskog gasa“ je važno ne samo u svrhu proizvodnje električne energije, već je korisno i sa ekološkog stanovišta. Deponijski gas sadrži nekih 55% metana, a njegov doprinos efektu staklene bašte je 20 puta veći od doprinosa ugljen-dioksida. Me-

tan je više od 20 puta štetniji po klimu i ozonski omotač nego ugljen-dioksid, što praktično znači da 1 tona metana oštećuje ozonski omotač kao 21 tona ugljen-dioksida.

Procena opasnih supstanci koje potiču sa deponije

Dva su značajna puta kojima se opasne supstance prenose u sredinu iz deponije, a to su gasovi koji isparavaju i odlaze u atmosferu i filtrat. U tabeli 2. su prikazane značajne emisije iz deponija, zajedno sa ekološkim kategorijama u vezi sa tim emisijama (Ristić, 2000).

Tabela 2

Emisija u vazduh sa deponije

Table 2

Emission into the air from a landfill

Jedinjenje	Sastav gasa	Ekološka kategorija
Metan	35–55%	Globalna promena klime, zapaljivo, eksplozivno
Ugljen-dioksid	40–45%	Globalna promena klime
Azot	5%	Bez uticaja
Hlorirane organske materije	1–5%	Toksično za ljude
Fluorisane organske materije	1%	Smanjivanje ozona
Organske supstance u tragovima	<1%	Toksično za ljude, neprijatno
Isparljivi metali: Hg, Cd, Pb	<1%	Toksično za ljude

Najznačajniji udeo oslobođenih gasova sa deponije na globalnom nivou dolazi od metana i ugljen-dioksida. Supstance u tragovima mogu isto biti značajne na lokalnom nivou sa štetnim dejstvom na zaposlene na deponijama i na susedne zajednice. Zbog toga, ove supstance treba svrstati u kategorije za ljudsku toksičnost i neprijatnost (najčešće smrad).

U narednoj tabeli su prikazane emisije iz filtrata, zajedno sa ekološkim kategorijama u vezi sa tim emisijama.

Tabela 3

Filtrat iz deponije

Table 3

Filtrate from a landfill

Jedinjenje/parametar	Ekološka kategorija
Cd, Ni	Toksičnost po ljude (izaziva rak)
Cu, Zn, Pb, Hg	Ekološka toksičnost (površinske i podzemne vode)
Soli (hloridi, sulfidi)	Ekološka toksičnost (površinske i podzemne vode)
Azot	Eutrofikacija
COD	Eutrofikacija

Pretpostavlja se da su postrojenja za obradu otpadne vode postavljena na deponijama, što najčešće nije slučaj. Stoga postoji potencijalni rizik da opasne supstance stignu u podzemne i površinske vode. Zbog ovoga se emisije teških metala i emisije azota registruju radi procene.

Problemi sa emisijom gasova uglavnom nastaju od organskih supstanci u otpadu, koji potiču od biološke razgradnje organskih materija. Direktive o deponijama, kada se primene, utiće na smanjenje udela organskih materija u deponijama, pa se može očekivati da se ovaj problem smanji u narednom periodu. Mada deponijski filtrat potencijalno ima visoke koncentracije teških metala, organskih supstanci i soli, većina potencijalnih problema u vezi sa ovim se može rešiti odgovarajućom obradom otpadne vode pre ispuštanja. Jedino soli, na primer, hloridi, prođu kroz pogon za obradu bez smanjenja koncentracije. U poređenju sa onim što se oslobađa posle obrade opštinske otpadne vode, deponijski filtrat je zaslužan za manje od 1% za sve komponente, izuzev hlorida. Problemi vezani za deponije se mogu držati pod kontrolom, ako se imaju dobre radne prakse i ako se strogo kontroliše vrsta otpada koja se odlaze na deponiju, kao i pravilnom obradom i upravljanjem emisijama u atmosferu i vodu.

Smeša gasova oslobođenih sa deponije

Tabela 4

Gas mixture released from a landfill

Table 4

Opasne supstance	(mg/ m ³)	
Trihlorfluorometan	CCl ₃ F	1–84
Dihlorodifluorometan	CCl ₂ F ₂	4–119
Hlorotrifluorometan	CClF ₃	0–10
Dihlorometan	CH ₂ Cl ₂	0–6
Trihlorometan	CHCl ₃	0–2
Tetrahlormetan	CHCl ₄	0–0,6
1, 1, 1-Trihloreten	C ₂ H ₃ Cl ₃	0,5–4
Hloreten	C ₂ H ₃ Cl	0–246
Dihloreten	C ₂ H ₂ Cl ₂	0–294
Trihloreten	C ₂ HCl ₃	0–182

Transformacija razgradivih organskih komponenti u deponijski gas odvija se u tri faze:

- u fazi hidrolize čvrste organske materije se pretvaraju u mešavinu rastvorljivih organskih jedinjenja,
- ova organska jedinjenja se potom pretvaraju u mešavinu masnih kiselina, amino-kiselina, ugljenih hidrata i niskomolekularnih jedinjenja,
- u metanogenoj fazi, deponijski gas nastaje iz ovih niskomolekularnih jedinjenja.

Zbog nehomogenosti otpada, mogu proći i godine do otpočinjanja faze hidrolize u svim delovima otpada. Istovremeno je moguće da se otpad, udaljen svega jedan metar, već sasvim pretvorio u gas. Hidroliza je najčešće odlučujući deo procesa, tj. kada se organska materija hidrolizira, gas će se pojaviti vrlo brzo.

Na osnovu podataka o emisijama iz uređaja za obradu i odlaganje komunalnog otpada identifikovane su supstance kao glavni uzročnici štetnih emisija: arsen, olovo, kadmijum, hrom, bakar, nikal, živa, cink, polihlorirani bifenili.

„Duboko“ projekt upravljanja čvrstim otpadom je jedan od najnovijih projekata u Srbiji. U 2011 nedaleko od Užica otvorena je deponija Duboko, koja je nastala kao zajednički projekat dva grada i sedam opština moravičkog i zlatiborskog okruga. Ova značajna investicija pored osnivača, sufinansirana je i od Republičkog fonda za zaštitu životne sredine, NIP-a, Švedske agencije za razvoj i saradnju, Francuske Vlade, Evropske unije, ali i kroz zajam od Evropske banke za obnovu i razvoj (<http://www.panoramio.com/photo/45733029>).



Slika 1 – Deponija Duboko (u blizini Užica)
Figure 1 – Landfill Duboko (near Užice)

Zaključak

Upravljanje otpadom, koji neizbežno nastaje svakodnevnim čovekovim aktivnostima, je jedan od izvora emisije gasova staklene bašte, posebno metana. Kjoto protokolom (<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>) su predviđene akcije smanjenja ukupnih emisija gasova staklene bašte za najmanje 5% u odnosu na nivo iz 1990. godine, u zahtevanom periodu od 2008 do 2012. godine, za sve zemlje potpisnice, a između ostalog i sa deponija komunalnog otpada. U cilju kvantifikovanog ograničenja i sma-

njenja emisija gasova staklene bašte, u razvijenim zemljama sveta (<http://www.bmu.de>). sprovode se mere u menadžmentu čvrstim otpadom, usmerenim na unapređenje mera koje ograničavaju ili smanjuju emisije gasova sa efektom staklene bašte. Podataka o sastavu komunalnog otpada, i količini pojedinih materijala u našoj zemlji je jako malo. Postoje literaturni podaci o načinu upravljanja otpadom, kao deo održivog razvoja, ali je malo podataka o samom sastavu otpada u pojedinim gradovima, kao i razlikama u sastavu od mesta do mesta. Posebno je malo, ili uopšte nema podataka o otpadu u ruralnim oblastima, jer se u selima otpad uglavnom ne sakuplja i ne odlaže na deponije.

Projekat „Duboko“ treba da potvrdi izuzetan značaj upravljanja komunalnim otpadom u Srbiji, gde je ovaj problem godinama prisutan. Percepcija ljudske greške u integralnom sistemu upravljanja komunalnim otpadom je tema, o kojoj ce morati da se i dalje neprestano diskutuje.

U poslednje vreme održavaju se razne metalurške konferencije u zemlji i inostranstvu koje se bave zaštitom životne sredine, upravljanjem komunalnim otpadom, i posebno izborom tehnologija, koje bi trebalo primeniti u cilju smanjivanja zagađivanja životne sredine (Borisov, Banković, 2011), (Stopić, Friedrich, 2011), (Stopić, 2011), (Ilić, et al, 2009).

Literatura

Borisov, M., Banković, R., 2011, Upravljanje projektima po pristupu projekt menadžmenta, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 2, pp. 142–157.

Đukanović, M., 1996, Životna sredina i održivi razvoj, Elit, Beograd.

Ristić, G., 2000, Grad na deponiji, Zadružbina Andrejević, Beograd.

Ilić, I., Živković, D., Vušović, N., Bogdanović, D., 2009, Ispitivanje mogućnosti upravljanja aerorozagađenjem na području grada Bora korišćenjem statističke analize korelacione zavisnosti zagađenosti SO₂ i meteoroloških parametara, Majska konferencija o strategijskom menadžmentu, Zaječar.

Stopić, S., 2011, Šesta Evropska konferencija o metalurgiji EMC 2011, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 4, pp. 282–293.

Stopić, S., Friedrich, B., 2011, Hidrometalurgija pro visokim pritiscima, nova sansa za procese, koji ne zagađuju životnu sredinu, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 3, pp. 29–44.

Podloge za slušanje predavanja – Kolegij „Ekološka zaštita“, 2005/2006, Zagreb.

Okvima strategija Srbije i Crne Gore i akcioni plan reagovanja na problem emisija gasova sa efektom staklene bašte, Regionalni centar za životnu sredinu za Centralnu i Istočnu Evropu, 2005, Beograd.

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs2>.

http://www.bmu.de/english/waste_management/downloads/doc/38629.php
(Municipal solid waste management in Germany)

<http://www.panoramio.com/photo/45733029>

CONCEPT OF HUMAN ERROR IN AN INTEGRATED HOUSEHOLD WASTE MANAGEMENT SYSTEM

FIELD: Materials

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Abstract:

There are significant risks of mistakes made by those employed at various levels in organizations dealing with very responsible tasks in household waste management. Possibilities of protection against solid waste increase in accordance with the development of ecological responsibility. Industrialisation has resulted in waste proliferation which is becoming the major world problem, and will be a top priority for resolving in the future. New technologies for garbage management are emerging, and garbage producers discover new possibilities for the application of recycled materials.

The clean air issue, although not being a new one, is certainly one of the fastest growing issues concerning human influence on the environment. The concentration of greenhouse gases in the atmosphere is growing constantly. The subject of this work is to assess the risks referring to the formation of greenhouse gases as well as a possibility of human error occurrence in the integral management of household waste.

There is little data on the household waste composition and quantities of particular materials as far as our country is concerned. There is particularly little, or even no data on rural waste, because waste is usually neither collected nor disposed of in rural areas.

An integral system of solid waste management is based on the analysis, discussion and definition of the methods and procedures for solid waste treatment, starting from the possibility of its reduction by choosing optimal ways for solid waste treatment from the place of its formation to its final disposal, harmless for the environment. The „Duboko“ project of solid waste management is one of the latest projects in Serbia. In 2011, in the vicinity of Uzice, the Duboko landfill was opened as a common project of two cities and seven municipalities of the Moravicki District and the Zlatibor District.

The mankind enters a new century with major ecological issues, such as an increased formation of waste materials of different origin and content in all three physical states, so that there is a huge responsibility of the employed in this area. The waste formed as a result of human activities is the following: cardboard, paper, plastic, textile, leather, furniture, glass, cans, household appliances, vehicles and their parts, sanitation devices, car tyres, construction material, sludge from waste water treatment plants, bio-hazardous waste (from hospitals, of animal origin, animal corpses and alike), etc. The recycling of waste material is an organizational-technical process the positive sides of which may be observed through the following: cost savings for primary raw materials, energy conservation, ecological efficiency and economi-

cal efficiency. Recycling is a dynamic process where materials intended for disposal are separated from the general waste flow.

A possibility to predict, notice and prevent human error, regardless of the circumstances causing it, has a crucial importance for a continued process of waste collection from the very beginning to its recycling and afterwards. The latest research carried out over the last decade of the past century keeps on the same track of treating the issue of human error causality within an organization. Therefore, Van der Schaf (1992), based on his own results, concludes that „each time a manager, foreman, procedure or a part of the equipment behaves in an unexpected way thereby either preventing productive system from a likely collapse or re-establishing the safety&reliability levels required, these positive deviations may be revealed, reported and analysed in order to improve a quality-wise insight in the way the system is functioning as a whole“.

Key words: human error, lenvironment, waste, waste management, recycling

Datum prijema članka/Paper received on: 14. 01. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 20. 02. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 22. 02. 2012.

INFORMACIONI SISTEMI U UPRAVLJANJU RIZICIMA U ŽIVOTNOJ SREDINI

Dejan R. Inđić, Miroslav R. Terzić,
Negovan D. Ivanković, Univerzitet odbrane u Beogradu,
Vojna akademija, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-1678

OBLAST: hemijske tehnologije, računarske nauke, zaštita životne sredine
VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Zemljotresi, poplave, nuklearni i hemijski akcidenti, zagađivanje vazduha, zemljišta i voda, ukazuju na sve veće prisustvo nesreća nastalih intenzivnim razvojem i često nekontrolisanom primenom tehnološkog razvoja. Pred društvo se postavlja problem kako se što bolje pripremiti, kako obezbediti veću usklađenost i funkcionisanje aktivnosti i mera za sprečavanje nastanka akcidentnih situacija i kako uneti promene u društveni i tehnološki razvoj koje će ići u korist prirode, ali i za dobrobit budućih generacija. U radu je prikazano korišćenje različitih informacionih sistema (IS) u upravljanju rizicima u životnoj sredini i predlog za izradu jedinstvenog IS u Republici Srbiji.

Ključne reči: tehnologija, informacioni sistemi, ekološki rizik, hemikalije, nezgode.

Uvod

Savremeni razvoj zaštite života i zdravlja ljudi, i životne sredine od različitih oblika ugrožavanja, neminovno nameće potrebu za preduzimanjem opsežnih preventivnih mera i uvođenje višenamenskih sistema za zaštitu. Najvažniji preduslov za adekvatno planiranje, organizovanje i upravljanje je raspolaganje potrebnim informacijama do kojih se može doći jedino razvojem dobro organizovanog informacionog sistema za upravljanje rizicima u životnoj sredini.

Ovakav informacioni sistem (IS) predstavlja skup uređenih informacija o pojavama i činjenicama u okruženju, koji ima za cilj upravo upoznavanje tog okruženja (Čvorović, 2005). Naročito je važan za identifikovanje i jasno definisanje problema, za planiranje načina intervencije, za adekvatno odlučivanje, za praćenje promena i ocenjivanje ishoda, jednom rečju koji pomaže efikasnom upravljanju rizicima u R. Srbiji.

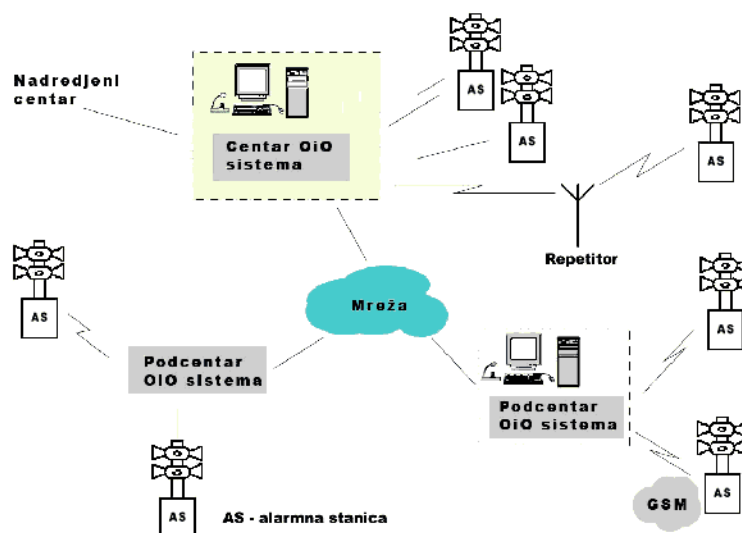
U daljem radu biće prikazani pojedini informacioni sistemi u našoj zemlji koji su u funkciji zaštite ljudi i životne sredine.

Sistem osmatranja i obaveštavanja

Osnovna funkcija sistema odbrane je da uočava i identifikuje probleme vitalnih vrednosti i da ih što efikasnije štiti. Radi pravovremenog otkrivanja svih vrsta opasnosti organizuje se *sistem osmatranja i obaveštavanja* koji omogućava uspešno interventno delovanje kojim se ublažavaju ili eliminišu ispoljeni nosioci ugrožavanja bezbednosti države. Ovaj sistem čine služba osmatranja i obaveštavanja (Služba OiO), preduzeća i dr. organizacije i organi koji se u okviru svoje delatnosti bave osmatranjem određenih pojava u oblastima hidrometeorologije, seizmologije, saobraćaja, zdravstva, poljoprivrede, elektroprivrede i druge oblasti.

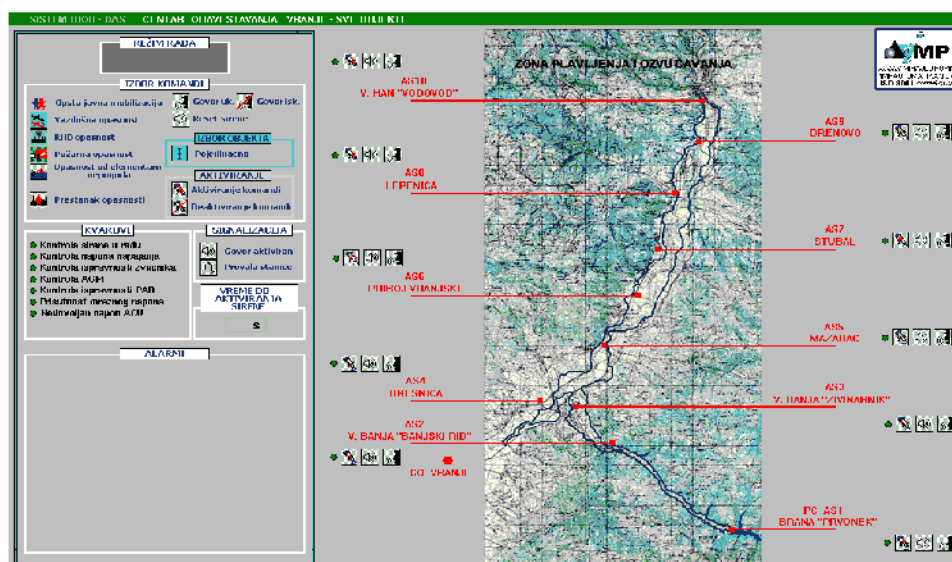
Sistem osmatranja i obaveštavanja je tako organizacijski postavljen da svojim segmentima pokriva određenu teritoriju i omogućava pravovremeno otkrivanje opasnosti u miru i ratu, a od njegovog dobrog funkcionisanja zavisi blagovremeno obaveštavanje i uzbunjivanje, kao i efikasno upravljanje akcijama zaštite i spasavanja. Sve aktivnosti na sprečavanju, ublažavanju i eliminisanju posledica opasnosti počinju nakon otkrivanja i dostavljanja podataka organima i korisnicima. Sektor za vanredne situacije Ministarstva unutrašnjih poslova i njegove organizacijske celine (odeljenja za vanredne situacije) nosioci su organizacije sistema osmatranja i obaveštavanja na teritoriji R. Srbije. Državni organi, preduzeća i druga pravna lica koja se u okviru svojih redovnih delatnosti bave osmatranjem i utvrđivanjem određenih pojava obavezni su da Službi OiO dostavljaju podatke značajne za civilnu odbranu i zaštitu i zajedno sa njom čine navedeni sistem. Ovaj sistem nije adekvatno organizovan za preventivno delovanje, jer pojedini elementi sistema ne deluju permanentno na otkrivanju opasnosti i pravovremenom dostavljanju informacija Službi OiO. U okviru Službe OiO koju čine: centri za obaveštavanje, osmatračke stanice i jedinice za uzbunjivanje, u miru rade samo centri za obaveštavanje (organizovani su i funkcionišu neprekidno), od čije dobre organizacije zavisi uspešno funkcionisanje sistema OiO u celini. Nažalost svi centri za OiO na teritoriji države nisu ravnomerno popunjeni savremenim sredstvima i opremom za funkcionisanje sistema (pojedini veoma dobro, dok su drugi popunjeni zastarelom opremom), pa se to odražava na njegovu ukupnu efikasnost.

U toku je modernizacija sistema za osmatranje, obaveštavanje i uzbunjivanje u R. Srbiji, koja se realizuje u Institutu „Mihajlo Pupin“, a predstavlja osmišljen i konzistentan sistem zasnovan na domaćem znanju i tehnologiji (Lopičić, et al, 2010). Opremu sistema čine ove celine: centralni uređaj, uređaj podcentar, alarmna stanica i telekomunikacioni sistem (slika 1).



Slika 1 – Blok šema Centra za osmatranje i obaveštavanje
Figure 1 – Block diagram of the Center for Monitoring and Notification

Ovaj modernizovani sistem već je instaliran na nekoliko objekata (HE Bajina Bašta, brana Rovni-Valjevo, brana Prvonek kod Vranja), gde je pokazao visoku efikasnost (slika 2).

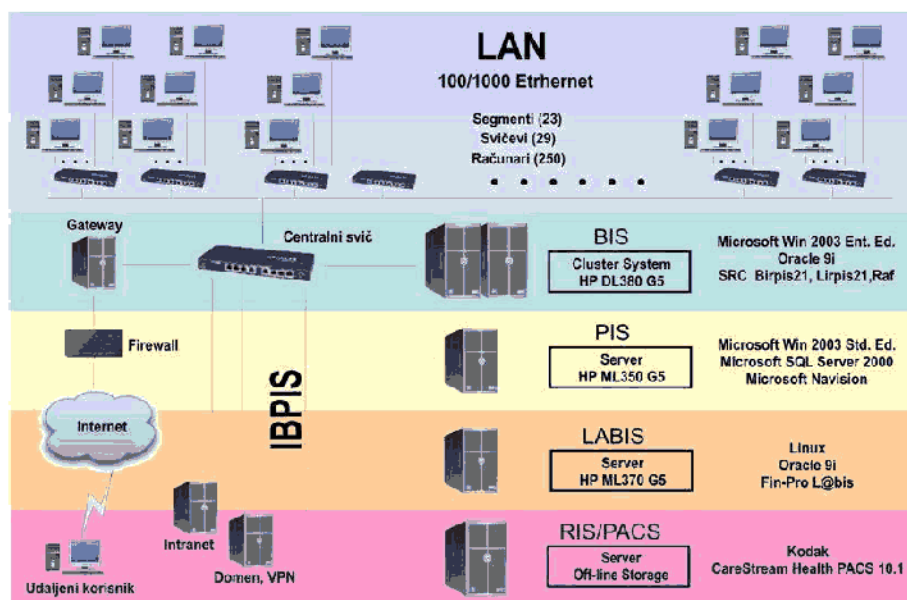


Slika 2 – Prozor za upravljanje sistemom OIO na brani Prvonek kod Vranja
Figure 2 – Window management system of OI on the Prvonek dam near Vranje

Implementacijom sistema sa Centrima za osmatranje i obaveštavanje R. Srbije umnogome će se dobiti na kvalitetu i brzini prenosa informacija od momenta nastanka vanredne situacije do potpunog saniranja posledica.

Zdravstveni informacioni sistem

Primena informatičke tehnologije u sistemu zdravstvene zaštite Srbije počela je sedamdestih godina 20. veka, ali je značajan napredak postignut samo u pojedinim oblastima. Većina zdravstvenih ustanova u Srbiji danas ima personalne računare, ali je zaokruživanje informacionih sistema uglavnom izvršeno na nivou odeljenja, službi i ustanova, ali ne i na nivou R. Srbije (primer na slici 3 – Informacioni sistem u Institutu za onkologiju Vojvodine).



Slika 3 – Integrirani bolničko poslovni informacioni sistem u Institutu za onkologiju Vojvodine
Figure 3 – Integrated hospital information system operating at the Institute of Oncology of Vojvodine

Program razvoja jedinstvenog zdravstvenog informacionog sistema treba da dovede do efikasnije zdravstvene zaštite, zadovoljavanja standarda, interoperabilnosti i implementacije najnovijih tehnologija (Microsoft tehnologija).

Jedan od korišćenih modela nosi naziv MEDICAS i predstavlja medicinski informacioni sistem za zdravstvene ustanove koji pokriva veoma širok spektar aktivnosti u vezi sa pacijentima, pružaocima usluga i sistemom zdravstvene zaštite. U sebi sadrži sveobuhvatni elektronski zapis

pacijenata i namenjen je za rad u svim zdravstvenim ustanovama. Pored ovoga, omogućava povezanost i razmenu podataka sa strukturama za prikazivanje i obradu informacija u zdravstvu.

U zavisnosti od specifičnosti zdravstvene ustanove koriste se različiti pod sistemi koji se mogu implementirati, a osnovni su:

- MEDICAS GP – podsistem za ustanove osnovne zdravstvene zaštite;
- MEDICAS Hosp – podsistem za bolnice i druge medicinske ustanove stacionarnog tipa;
- MEDICAS Poli – podsistem za specijalizovane ambulante ili klinike;
- MEDICAS Lab-podsistem za medicinske laboratorije;
- MEDICAS Dent – podsistem za stomatološke ambulante.

Matični moduli su sastavni delovi sistema, a modul princip sistema omogućava bilo koje kombinacije ovih nivoa, u zavisnosti od konkretne zdravstvene ustanove.

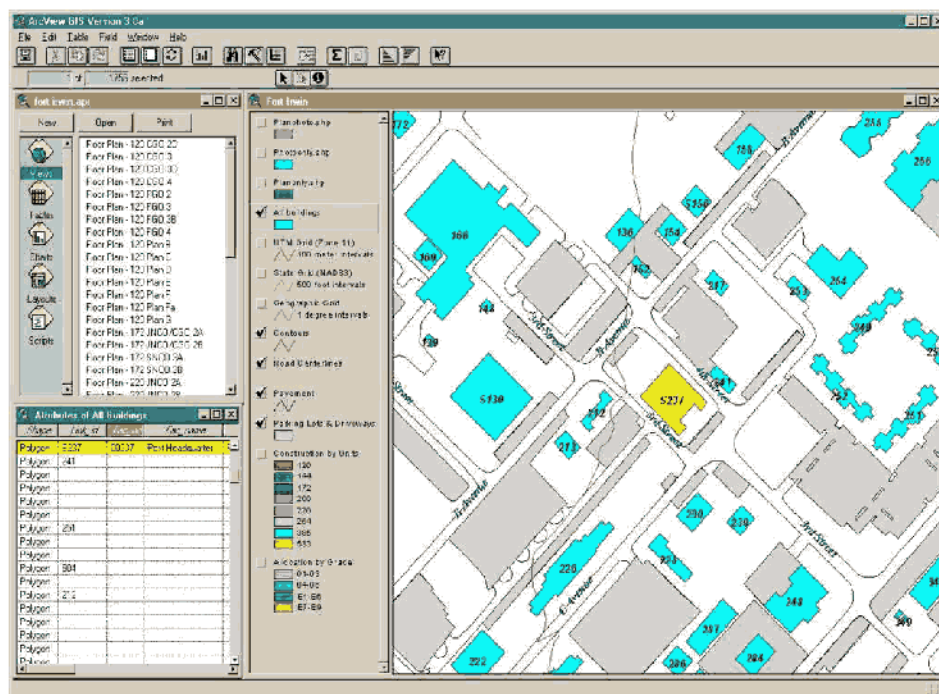
Osnovna uloga zdravstvenih informacionih sistema je unapredjenje zdravlja, sprečavanje bolesti, omogućavanje odgovarajućeg lečenja bolesnika, ali i razmena podataka sa informacionim sistemima drugih delatnosti i sa relevantnim međunarodnim IS (Puđa, 2006).

Informacioni sistem Ministarstva unutrašnjih poslova

Postojeći informacioni sistem usmeren je na obavljanje poslova iz delokruga rada Ministarstva unutrašnjih poslova R. Srbije. Sistem omogućava blagovremeno izveštavanje i informisanje nadležnih o svim relevantnim pitanjima iz ove oblasti (stanje i suzbijanje kriminaliteta, narušavanje javnog reda i mira, upotreba vatrenog oružja, bezbednost saobraćaja na putevima, protivpožarna zaštita i dr.), zakonito i kvalitetno obavljanje poslova vođenja i korišćenja kriminalističko-operativne evidencije i izdavanje uverenja i izveštaja građanima i drugim korisnicima.

Radi poboljšanja efikasnosti IS i sistema veza, urađena je strategija razvoja telekomunikacionog sistema MUP R. Srbije. Projekat Geografskog informativnog sistema (GIS) se postepeno razvija već nekoliko godina u Ministarstvu unutrašnjih poslova. Do sada je nabavljen najmoderniji softver firme ESRI za veb okruženje koji je instaliran, razvijene su dve GIS aplikacije namenjene policiji koje pokrivaju teritoriju Beograda i celokupnu teritoriju Republike Srbije (Živaljević, 2010).

Novi Geografski informacioni sistem značajno će unaprediti rad policije u borbi protiv kriminala. Takođe, GIS će poslužiti i za bolju zaštitu građana od požara, prirodnih nepogoda i ekoloških katastrofa. Njegova podloga su digitalizovane, kompjuterske mape sačinjene na osnovu avionskih snimaka. Tim mapama pridodate su baze podataka za ulice, mesne zajednice, blokove, opštine, gradove, saobraćajnice i dr. objekte (slika 4).



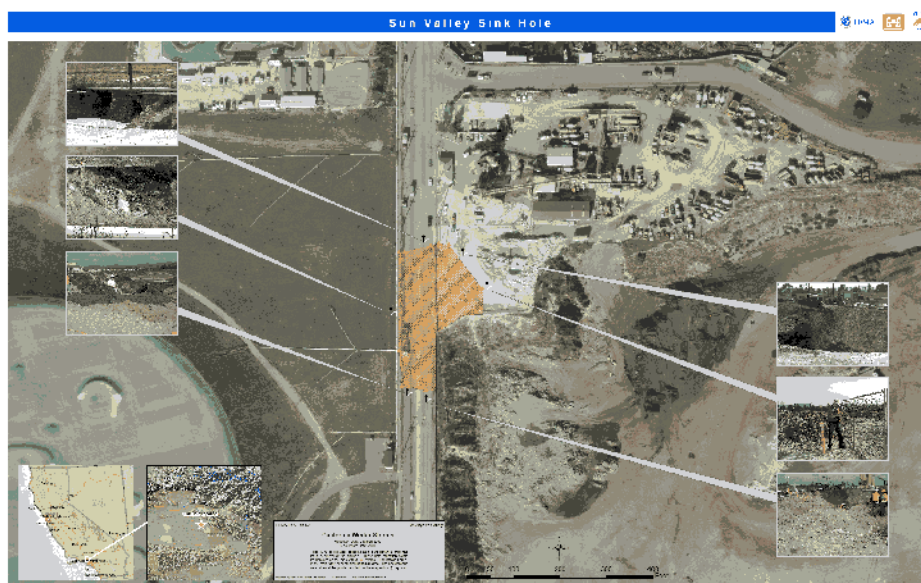
Slika 4 – Primena GIS za potrebe MUP R. Srbije
Figure 4 – Application of GIS for the Ministry of Interior, Republic of Serbia

Novi GIS je otvorio neslućene mogućnosti i u drugim vidovima života i rada. Primena nove tehnologije i stvaranje svestrane baze podataka za Srbiju unaprediće rad drugih javnih službi, ali će i efikasno da odgovori na potrebe privrede, elektroprivrede, građevinarstva, energetike, telekomunikacija, šumarstva, poljoprivrede, urbanizma, saobraćaja, zdravstva...

Geografski informacioni sistem

Geografski informacioni sistem (GIS) je jedan od najkompleksnijih informacionih sistema, koji obuhvata sve elemente geoprostora, elemente i komponente životne sredine koji se primenjuju za analiziranje i prikazivanje geografskih i prostornih pojava koje postoje na zemlji ili se mogu desiti. Zasniva se na kombinaciji statističkih podataka sa indikatorima pomoću kojih se prati životna sredina. Geografski informacioni sistem se koristi za pokrivanje celokupne ekološke problematike, planiranje i upravljanje saobraćajem, kartiranje stanovništva, izradu mape hazarda i planova postupaka u slučaju vanrednih situacija.

U suštini GIS sadrži sve podatke o vazduhu, vodi, zemljištu, antropogenim elementima prostora, što u velikoj meri može olakšati blagovremeno reagovanje u slučaju elementarnih nepogoda ili tehničko-tehnoloških nesreća (slika 5).

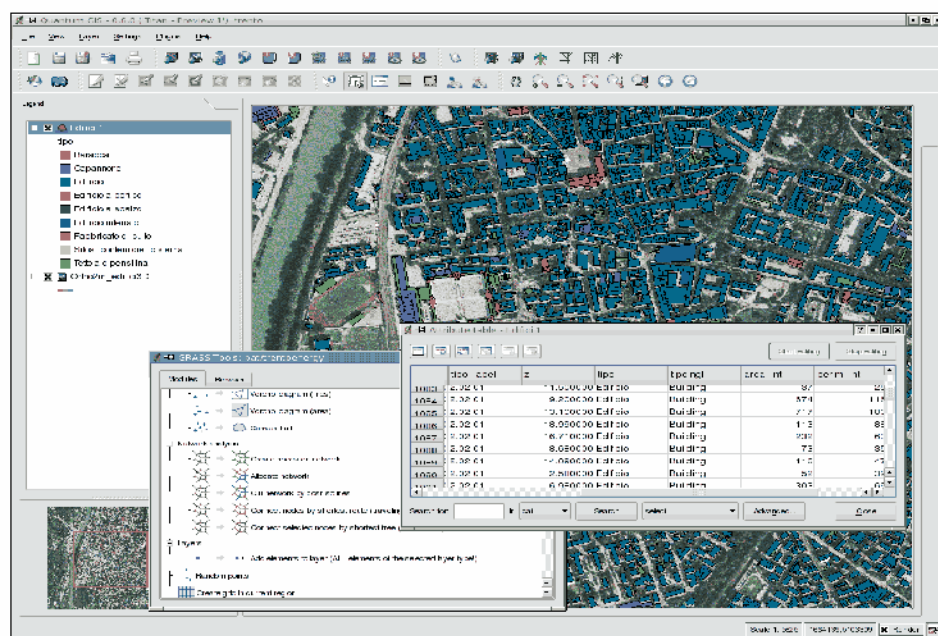


Slika 5 – Primena GIS u slučaju vanrednih situacija
Figure 5 – Application of GIS in emergency situations

Mogućnost da se velika količina podataka o prostoru smeštenih u memoriju računara prikaže u vizuelnom, jednostavnom i korisniku bliskom obliku predstavlja glavnu prednost GIS u odnosu na druge tehnologije (Džigurski, 2002).

Tipičan predstavnik ovih sistema je i Kvantum GIS (QGIS) slobodan softver odnosno aplikacija koja omogućava pregled, uređivanje i analizu geopodataka (slika 6).

Ovakvi informacioni sistemi su najčešće povezani sa većinom srodnih baza podataka (geodetskim, geološkim, vodoprivrednim, rudarskim, poljoprivrednim, šumarskim, urbanističkim), kao i sa bazama podataka o popisu stanovništva, statističkim IS, tehnološkim bazama podataka, bazama podataka koje se odnose na zdravlje, obrazovanje, kulturu i druge osobine stanovništva (Borisov, Banković, 2011).



Slika 6 – QGIS 0.8.0 Titan
Figure 6 – QGIS 0.8.0 Titan

Informacioni sistem životne sredine

Informacioni sistem životne sredine predstavlja uređen skup znanja o životnoj sredini koji ima za cilj odgovarajuće ponašanje prema njoj. Na bazi ovog IS je moguće prognozirati buduće izmene u životnoj sredini, stvarati prognozne i dinamičke modele. Značajan je za ustanovljavanje zakonodavstva i praćenja stanja životne sredine, jer kontrolisati stanje je moguće ukoliko se poseduju informacije o tom stanju, a upravljati se može samo ukoliko se poznaje predmet upravljanja.

Zadatak informacionog sistema životne sredine je da obezbedi pristup ekološkim, ekonomskim, demografskim, zdravstvenim i socijalnim podacima, a u cilju usklađenog razvoja. Zakonom o zaštiti životne sredine pitanje informacionog sistema reguliše se četvrtim poglavljem, pod nazivom „Praćenje stanja životne sredine“. Navedenim poglavljem se reguliše: obezbeđenje monitoringa, sadržina i tip monitoringa, monitoring zagađivača, dostavljanje podataka, informacioni sistem, integralni katastar zagađivača, izveštaj o stanju životne sredine i njen sadržaj (Zakon o zaštiti životne sredine, 2004, 2009). Informacioni sistem životne sredine se uspostavlja radi efikasnog identifikovanja, klasifikovanja, obrade, praćenja i evidencije prirodnih vrednosti i upravljanja životnom sredinom. On podrazumeva izradu čitavog kom-

pleksa baza podataka, kao što su podaci o: indikatorima kvaliteta životne sredine, zagađivačima i zagađujućim materijama, ispuštanju i kretanju opasnih materija, izvorima emisija, rezultatima merenja emisije i imisije, standardima, metodama merenja, zaštićenim vrstama biljaka i životinja, zaštićenim područjima, stanju biodiverziteta, propisima koji se odnose na životnu sredinu, izdatim dozvolama i dokumentima koja se odnose na životnu sredinu itd.

Nažalost, jedinstveni informacioni sistem životne sredine koji bi objedinjavao sve navedene podatke iz ove oblasti nije u potpunosti zaživeo, već samo njegovi pojedini segmenti. Njegov integralni deo je podsistem *Serbian Water Quality Index* koji obuhvata podatke o površinskim i podzemnim vodama u R. Srbiji, a monitoring je u nadležnosti Agencije za zaštitu životne sredine. U Agenciji je razvijen indikator životne sredine za oblast voda koji je namenjen izveštavanju javnosti, stručnjaka i donosioca političkih odluka (državni organi, lokalna samouprava). Indikator se zasniva na metodi *Water Quality Index (Development of a Water Quality Index, Scottish Development Department, Engineering Division, Edinburgh, 1976.)* prema kojoj se deset parametara fizičko-hemijskog i mikrobiološkog kvaliteta agregiraju u kompozitni indikator kvaliteta površinskih voda.

Metodom *Water Quality Index (WQI)* deset odabranih parametara (zasićenost kiseonikom, BPK₅, amonijum jon, pH vrednost, ukupni azot, ortofosfati, suspendovane materije, temperatura, elektroprovodljivost i koliformne bakterije) svojim kvalitetom (q_i) reprezentuju osobine površinskih voda svodeći ih na jedan indeksni broj. Udeo svakog od deset parametara na ukupni kvalitet vode nema isti relativni značaj, zato je svaki od njih dobio svoju težinu (w_i) i broj bodova prema udelu u ugrožavanju kvaliteta. Sumiranjem proizvoda ($q_i \times w_i$) dobija se indeks 100 kao idealan zbir udela kvaliteta svih parametara. U slučaju kada nedostaje podatak o kvalitetu za neki parametar vrednost aritmetički izmerenog *WQI* koriguje se množenjem indeksa sa vrednošću $1/x$, gde je x zbir aritmetički izmerenih težina dostupnih parametara.

Kvalitetu površinskih voda koji odgovara I klasi prema našoj Uredbi (Uredba o klasifikaciji voda međurepubličkih vodotoka, međudržavnih voda i voda obalnog mora Jugoslavije, Sl. list SFRJ 6/78) metodom *WQI* pripada 84–85 poena, II klasi 72–78 poena, III klasi 48–63 poena i IV klasi 37–38 poena. Usvojene su vrednosti za opisni indikator kvaliteta *SWQI* = 0–38 veoma loš, *SWQI* = 39–71 loš, *SWQI* = 72–83 dobar, *SWQI* = 84–89 veoma dobar i *SWQI* = 90–100 odličan. Na ovaj način je klasifikacija od I–IV klase voda korišćena kao ulazni granični parametar za kvantitativno definisanje indikatora *SWQI* u celom numeričkom rasponu kvaliteta od 0 do 100 indeksnih poena.

Metodom *SWQI* pet indikatora kvaliteta površinskih voda su razvrstani prema njihovoj nameni i stepenu čistoće (Tabela 1):

a) *Odličan* – vode koje se u prirodnom stanju uz filtraciju i dezinfekciju, mogu upotrebljavati za snabdevanje naselja vodom i u prehrambenoj industriji, a površinske vode i za gajenje plemenitih vrsta riba (*salmonidae*);

b) *Veoma dobar i Dobar* – vode koje se u prirodnom stanju mogu upotrebljavati za kupanje i rekreaciju građana, za sportove na vodi, za gajenje drugih vrsta riba (*cyprinidae*), ili koje se uz savremene metode prečišćavanja mogu upotrebljavati za snabdevanje naselja vodom za piće i u prehrambenoj industriji;

c) *Loš* – vode koje se mogu upotrebljavati za navodnjavanje, a posle savremenih metoda prečišćavanja i u industriji, osim prehrambenoj;

d) *Veoma loš* – vode koje svojim kvalitetom nepovoljno deluju na životnu sredinu, i mogu se upotrebljavati samo posle primene posebnih metoda prečišćavanja.

Tabela 1

Klasifikacija površinskih voda metodom Serbian Water Quality Index

Table 1

Classification of surface waters using the Serbian Water Quality Index

WQI-MDK I klasa		WQI-MDK II klasa	WQI-MDK III klasa	WQI-MDK IV klasa
85–84		74–69	56–44	51–35
100–90	89–84	83–72	71–39	38–0
Odličan	Veoma dobar	Dobar	Loš	Veoma loš
Serbian Water Quality Index(SWQI)				

Indikatori kvaliteta površinskih voda (SWQI) su predstavljeni bojama na kartama vodotoka označavajući odgovarajuće kontrolne profile (tabela 2):

Tabela 2

Klasifikacija površinskih voda metodom Serbian Water Quality Index

Table 2

Classification of surface waters using the Serbian Water Quality Index

Serbian Water Quality Index	Numerički indikator	Opisni indikator	Boja
	100–90	Odličan	
	84–89	Veoma dobar	
	72–83	Dobar	
	39–71	Loš	
	0–38	Veoma loš	
	Nema podataka*		

* nije bilo merenja ili je nedovoljan broj parametara za izračunavanje SWQI

Hidrometeorološki informacijski sistem

Hidrometeorološki informacijski sistem sastoji se od osmatračkog sistema, sistema za prenos podataka i analitičko-prognostičkog sistema za obradu podataka. Celokupan sistem za osmatranje i merenje podeljen je na hidrološki i meteorološki osmatrački sistem u okviru kojih su definisane pojedine mreže stanica prema programu osmatranja i merenja (Informator o radu RHMZ, 2011).

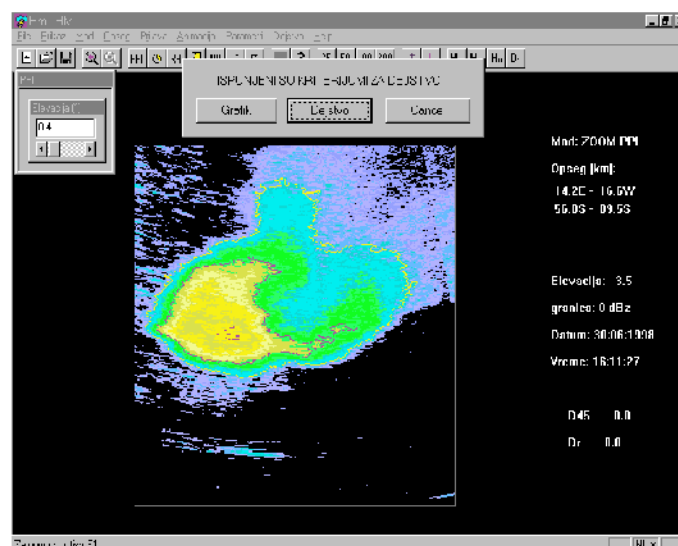
Hidrološki osmatrački sistem sačinjavaju mreže:

- stanica za površinske vode (merenje i osmatranje režimskih karakteristika reka i jezera);
- stanica za podzemne vode i
- stanica za kvalitet voda.

Meteorološki osmatrački sistem sačinjavaju mreže:

- sinoptičkih stanica (merenje i osmatranje meteoroloških parametara za potrebe meteo bdenja);
- klimatoloških stanica (za potrebe istraživanja klime i dugoročnih klimatskih promena koje nastaju kao rezultat permanentnih emisija zagađujućih supstanci u atmosferu);
- agrometeoroloških stanica (uticaj vremena na vegetaciju i poljoprivrednu proizvodnju) i
- stanica za kvalitet vazduha (sistematsko praćenje parametara kvaliteta vazduha, uključujući i parametre za definisanje dinamike kretanja vazдушnih masa u atmosferi).

Primena IS za rano upozorenje na elementarne nepogode prikazana je na slici 7.



Slika 7 – Primena IS u zaštiti od nepogoda (grad)
Figure 7 – Application of IS in protection against natural disasters (hail)

U okviru informacionog sistema hidrometeorološke službe obrada podataka sledi logiku organizacije merenja i osmatranja u osmatračkoj mreži i načina razmene (u realnom vremenu ili nakon dužeg perioda osmatranja u vidu pisanih dokumenata), zavisno od namene.

Ostali informacioni sistemi

Pored navedenih informacionih sistema, za efikasno i kvalitetno upravljanje rizicima u životnoj sredini u našoj zemlji su značajni:

- Seizmološki informacioni sistem;
- Informacioni sistem Vojske Srbije;
- Informacioni sistem Auto-moto saveza Srbije;
- Informacioni sistem Nacionalnog centra za kontrolu trovanja Vojnomedicinske akademije;
- Informacioni sistem Crvenog krsta Srbije;
- Informacioni sistem Direkcije za puteve;
- Informacioni sistem Direktorata za kontrolu avio saobraćaja;
- Informacioni sistem Elektroprivrede Srbije i dr.

Naravno da veliku ulogu u ovoj oblasti imaju i globalne mreže za razmenu podataka, među kojima su najvažnije:

- *Globalni monitoring sistem životne sredine* (GEMS) – omogućava organizovano praćenje stanja u životnoj sredini, kroz 25 glavnih globalnih mreža za praćenje od koji svaka ima odgovarajuću bazu podataka, a podaci su međusobno uporedivi;
- *Međunarodni informacioni sistem životne sredine* (INFOTERRA) – je glavni kanal za međunarodnu razmenu informacija o životnoj sredini podržan globalnom mrežom vladinih i nevladinih učesnika;
- *Međunarodni registar potencijalno toksičnih hemikalija* (IRPTC) – je sistem koji obuhvata bazu podataka, omogućava razmenu informacija o hemijskim supstancama i pruža pomoć zemljama koje su uključene u sistem nacionalnih registara potencijalno toksičnih materija;
- *Globalna informaciona baza o resursima* (GRID) – je svetska mreža za georeferentne ekološke podatke, pomoću koje se arhiviraju, prikupljaju i prenose digitalne informacije preuzete sa karata, satelitskih snimaka, statističkih tabela i drugih izvora u okviru i van sistema Ujedinjenih nacija. Svi podaci su povezani kompjuterizovanim GIS i sistemima za procesiranje slika (<http://www.grid.umep.ch>, 25. 12. 2011).

Zaključak

Proces upravljanja rizicima u Republici Srbiji sprovodi se u saradnji sa svim sektorima, ustanovama i organizacijama značajnim za sprečavanje procesa i događaja koji ugrožavaju život, zdravlje ljudi i životnu sredi-

nu. Od bitne je važnosti da se uspostavi i održava stanje spremnosti da se izađe na kraj sa uzrocima i uslovima nastanka opasnosti. Treba delovati tako da opasnosti koje prete ljudima i životnoj sredini saniramo na način što će svaki subjekt shvatiti obavezu i odgovornost da stručno i stalno sprovodi preventivne i operativne mere kako bi se opasnosti izbegle, ili ako su se ispoljile da ne dođe do njihovog daljeg širenja.

Uspostavljanje adekvatnog informacionog sistema upravljanja predstavlja jedinu mogućnost za osavremenjivanje ukupnog procesa koordinacije aktivnosti u okviru funkcionisanja kompleksnog sistema za zaštitu života, zdravlja ljudi i životne sredine.

Postojeći informacioni sistemi navedeni u radu nisu integrisani, pa to neminovno nameće potrebu razvoja *jedinstvenog informacionog sistema* za upravljanje rizicima u životnoj sredini. Navedeni sistem trebalo bi da obezbedi:

- kontinuirano registrovanje informacija;
- kontrolu od davaoca do korisnika;
- regulam obradu, tabeliranje i prezentovanje informacija;
- široku rasprostranjenost najnovijih informacija;
- analizu i interpretaciju informacija;
- aranžman o dobijanju informacija od drugih službi;
- organizaciju i vođenje dopunskih istraživanja i dr.

Predloženi informacioni sistem bi obuhvatao: indikatore o stanju prirodnih, tehničko-tehnoloških i ljudskih resursa; podatke o izvorima ugrožavanja; podatke o normativnoj regulativi; topografske podatke; meteorološke podatke; organizaciju, oblike i nivo zaštite; planove i mere za korišćenje raznih službi; finansijske statističke pokazatelje u odnosu na ciljeve itd.

Literatura

Borisov, M., Banković, R, 2011, *Primena GIS sa aspekta multifunkcionalnosti*, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 2, pp. 158–174.

Čvorović, Z., 2005, *Upravljanje rizicima u životnoj sredini*, Zadužbina Andrejević, Beograd.

Džigurski, O., 2002, *„Informatika“*, Fakultet civilne odbrane, Beograd.

Lopičić, D., Drinčić, D., Kon, J., 2010, *Modernizovani sistem za osmatranje, obaveštavanje i uzbuđivanje stanovništva govorom i akustičnim signalima*, TELFOR, Beograd.

Puđa, N., 2006, *Zdravstveni informacioni sistem – savremena organizacija zdravstva*, Vršac.

Zakon o zaštiti životne sredine („Sl. glasnik RS“, br. 135/2004, 36/2009, 36/2009 – dr. zakon i 72/2009 – dr. zakon).

Živaljević, D., 2010, *GIS kao sušta potreba ili ultimativni zahtev u modernizaciji rada MUP-a RS*, Bezbednost, Beograd.

Informator o radu Republičkog hidrometeorološkog zavoda, 2011, Republički HMZ, Beograd.

<http://www.grid.umep.ch>, 25. 12. 2011.

INFORMATION SYSTEMS IN ENVIRONMENTAL RISK MANAGEMENT

FIELD: Environment

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Abstract

Earthquakes, floods, nuclear and chemical accidents as well as air, soil and water pollution indicate the increasing presence of accidents caused by intensive development and often uncontrolled application of technological development. There is raising awareness how to be better prepared, how to ensure greater compatibility and operation activities and measures for the prevention of accidents and how to make changes in social and technological developments for the benefit of both the nature and future generations. The paper describes the use of various information systems (IS) in the management of environmental risks and gives a proposal to develop a unique IS in Serbia.

Introduction

The modern development of the protection of environment from various forms of threat imposes the need to gather necessary information that can be collected only in a well-organized information system for managing environmental risks. This information system is important for identifying and defining problems, planning, intervention methods, appropriate decision making, timely reactions and evaluation of outcomes.

System of monitoring and notification

A system of monitoring and notification enables successful corrective actions that mitigate or eliminate threats to the state security. This system consists of monitoring and notification services, companies and other organizations and bodies which are, within their scopes of activities, engaged in observing certain phenomena in the fields of hydro-meteorology, seismology, health, agriculture, electricity, transportation, etc. The modernization of this system in the Republic of Serbia is under its way; the system is designed, consistent and based on local knowledge and technology. By the implementation of the system within the Centers for surveillance and alert there is much to be gained in quality and speed of information transfer from the moment of occurrence of emergency situations to full recovery.

Health information system

The development of an integrated health system should lead to more efficient health care, fulfilment of standard requirements, interoperability and implementation of the newest technologies. One of the used models, called MEDICAS, represents a medical information system for healthcare facilities that covers a wide range of activities related to patients, providers of medical services and the complete health

care system. It contains a comprehensive electronic patient record and is intended for use in all health facilities. In addition, it enables data exchange with the structures for the display and processing of information in the health system and with relevant international institutions.

Information system of the ministry of internal affairs

The existing information system of the Ministry of Internal Affairs provides timely reports and information on all relevant issues in this area and issues appropriate certificates to other users.

To improve the efficiency of the Ministry, a project was initiated to develop a new geographic information system (GIS) that will significantly improve police performance in fighting crime. Applications of new technologies and the creation of comprehensive databases for Serbia will improve welfare and other public services, and will effectively address the needs of industry, construction, energy, telecommunications, agriculture, urban planning, transportation, health care, etc.

Geographic information system

The Geographic Information System is one of the most complex information systems, based on a combination of statistical data with indicators by which to monitor the environment. It is used to cover all environmental issues, planning and traffic management, population mapping, development of hazard maps and plans of actions in case of emergencies. In essence, the GIS contains all the information about air, water, soil, anthropogenic elements of space, which can greatly facilitate a timely response to natural disasters or technical-technological hazards. The major advantage of the GIS over other technologies is its possibility to present large amounts of spatial data stored in the computer memory in a simple, user-friendly visual form.

Environmental information system

The information system of the environment includes making entire complex databases, such as data on environmental quality indicators, contaminants and pollutants, movement of hazardous substances, emission sources, results of measurements of emissions, standards, protected species of plants and animals, protected areas, state of biodiversity, regulations concerning the environment, etc. A unique environmental information system that would unite all the data in this area has not been fully operational, except for its individual subsystems, such as the Serbian Water Quality Index which includes information on surface and ground waters in the Republic of Serbia, and the monitoring of which is the responsibility of the Agency for Environmental Protection.

Hydrometeorological information system

The Hydrometeorological Information System consists of an observation system, a data transfer system and an analytical-forecasting system for data processing. The complete system for monitoring and me-

asurement is divided into the hydrological and the meteorological observation system within which particular networks of stations are defined by the program of monitoring and measurement. Within the information system of the hydrometeorological service, data processing is carried out in accordance with the observation and measurement organisation within the observation network and with the exchange methods, depending on data purpose.

Other information systems

In addition to these information systems for effective and efficient management of environmental risks, in our country there are other significant information systems: Seismic Information System, Information System of the Army of Serbia; Information System of the Auto-Moto Association of Serbia; Information System of the National Center for Poison Control, Information System of the Red Cross of Serbia, Information System of the Directorate for Air Traffic Control and others.

A significant role in data collection and distribution is also played by global data networks, including: Global Environmental Monitoring System (GEMS), International Environmental Information System (INFOTERRA), International Register of Potentially Toxic Chemicals (IRPTC) and Global Information Resources Database (GRID).

Conclusion

The establishment of an adequate management information system is the only option for upgrading the overall process of coordination of activities within a complex environment protection system. Current information systems are not integrated, and there is a need to develop a unified information system for managing environmental risks. The proposed information system would include: indicators on the state of natural, technical, technological and human resources, information on sources of threats, information on environment regulations, topographic data, meteorological data, organization, forms and levels of protection, plans and measures for the use of various services; statistical indicators in relation to the objectives, etc.

Key words: technology, information systems, environmental risk, chemicals, accidents.

Datum prijema članka/Paper received on: 11. 03. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 18. 03. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 20. 03. 2012.

METODOLOŠKI POSTUPAK VREDNOVANJA PROJEKATA PRIMENOM COST-BENEFIT ANALIZE

Dragana N. Petrović, Visoka poslovna škola strukovnih studija,
Čačak,

Branko N. Đedović, Fakultet za menadžment, Novi Sad,
Nikola Č. Petrović, Visoka poslovna škola strukovnih studija,
Čačak

DOI: 10.5937/vojtehg61-1439

OBLAST: industrijski softver

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Investicioni projekti su složeni poslovni poduhvati, u kojima se angažuju znatna finansijska sredstva i čija realizacija traje duži period. Analiziranje investicione ideje i brojnih alternativa na putu do izbora konačnog rešenja zahteva sistemski pristup i primenu savremenih kvantitativnih statističkih i optimizacionih metoda kao podršku povoljnim odlukama. Dijagram toka aktivnosti daje se u dokumentima predinvesticione i investicione studije, koje obuhvataju sve faze životnog veka projekta. Da bi se projekat ocenio kao uspešan poslovni poduhvat i obezbedila prelomna tačka profitabilnosti u povoljnom roku, u oceni isplativosti projektnog rešenja snažnu podršku daje cost-benefit analiza. Istina, ova analiza se još uvek retko primenjuje kod nas, za razliku od prakse razvijenih zemalja sveta.

Ključne reči: investicioni projekat, cost-benefit analiza, predinvesticiona studija, investiciona studija, životni vek projekta, finansijska analiza, ekonomska analiza.

Uvod

U vremenu u kome živimo ostvaruju se intenzivne tehničko – tehnološke promene, što nedvosmisleno ukazuje na potrebu naučnog zasnivanja ocene investicionih projekata. Ovo utoliko pre što investicioni kapital predstavlja ograničen resurs, iz koga se ne mogu zadovoljiti sve potrebe ubrzanog privrednog i društvenog razvoja. Iz tog razloga, investiciona ulaganja na nivou preduzeća ostvaruju se delom iz sopstvenih sredstava (akumulacije i amortizacije), a nedostajući deo finansijskih sredstava čine tuđa sredstva, pre svega poslovnih banaka.

Investicioni projekti su stručno urađeni elaborati u kojima su precizno razradjena i logički povezana pojedina rešenja i radnje, neophodni

za ostvarivanje ciljeva izgradnje i osposobljavanja investicionog projekta (objekta) za proizvodnju određenih vrste proizvoda (usluga). Izradi investicionog projekta se pristupa po obezbeđenju svih faktora relevantnih za njegovu izradu i potrebnih dozvola (urbanističke, građevinske, komunalne, energetske i dr). Krajnji rezultat realizacije investicionog projekta je investicioni objekat, izgrađen kao nov, rekonstruisan, adaptiran, dograđen ili modernizovan postojeći objekat. Odnosno, investicioni projekat se može raditi u tri slučaja:

- a) ako se želi proširenje postojećeg preduzeća, sa postojećim asortimanom proizvodnje;
- b) ako se radi o proširenju postojećeg preduzeća, uz uvođenje novog ili novog, a tržištu poznatog ili nepoznatog proizvoda;
- c) ako se formira novo preduzeće, sa novim proizvodima.

Za različite vrste ekonomskih subjekata u delatnosti materijalne (tržišne) i nematerijalne (netržišne) proizvodnje, različite su i projektne materije: u rudarstvu se rade projekti izgradnje rudnika sa površinskim kopom ili podzemnom eksploatacijom; u školstvu – projekti izgradnje škole; u saobraćaju – projekti izgradnje autoputa, mosta, tunela; u vojnoj industriji – projekti za izgradnju objekta za proizvodnju novog sredstva NVO itd.

Sadržaj investicionog projekta

Sadržaj investicionog projekta, od idejne zamisli preko alternativnih rešenja, do potpune realizacije daje se u tehničkoj dokumentaciji.

Tehnička dokumentacija sadrži detaljnu razradu idejnih (tehničkih) rešenja (sadržanih u projektu), kojima se obezbeđuje realizacija investicije (izgradnja i puštanje investicionog objekta u eksploataciju). Tehnička dokumentacija se razrađuje za različite nivoe investicionog projekta: nivo idejnog, generalnog, glavnog, izvođačkog i projekta izvedenog stanja.

Izrada projekta poverava se specijalizovanoj instituciji: ovlašćenoj projektantskoj kući, institutu, ili fakultetu, a novčana sredstva potrebna za njegovu izradu obezbeđuje investitor. Primera radi, tehnička dokumentacija za izgradnju objekta za proizvodnju novog sredstva NVO (u okviru postojećeg preduzeća vojne industrije) sadrži više glavnih projekata, kao:

- glavni građevinski projekat;
- glavni tehnološki projekat proizvodnje sredstva NVO;
- glavni projekat opremanja proizvodnog pogona;
- glavni projekat instalacija električne energije;
- glavni projekat vodovoda i kanalizacije;
- glavni projekat zaštite od različitih oblika havarije i dr.

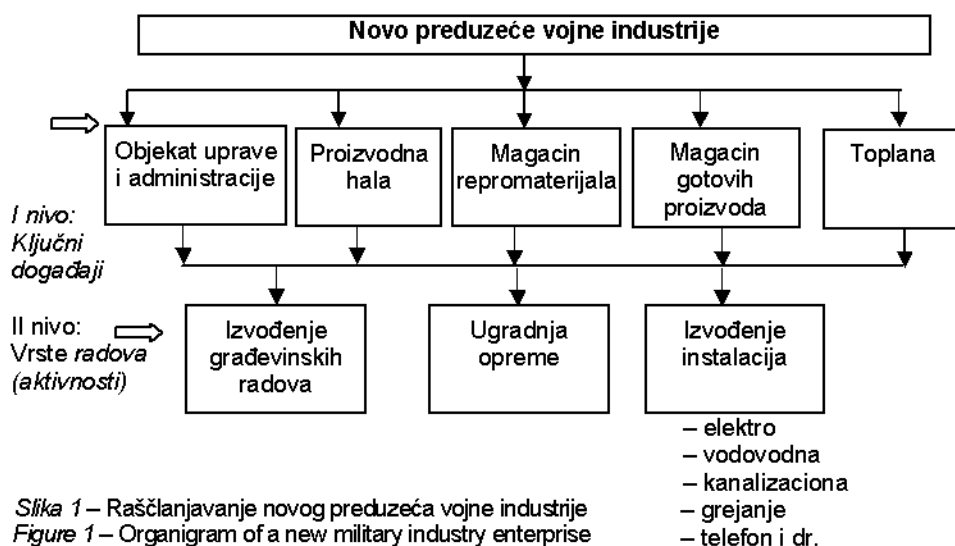
Glavni projekti služe kao osnova za izgradnju predviđenog investicijskog objekta za proizvodnju novog sredstva NVO. Tako se glavnim tehnološkim projektom proizvodnje ovog sredstva obuhvataju sledeći elementi:

- Specifikacija pogonske opreme;
- Specifikacija materijala za izradu (proizvodnog materijala);
- Specifikacija alata i rezervnih delova;
- Specifikacija sredstava zaštite na radu;
- Pregled broja radnika (po kvalifikacionoj strukturi);
- Plan stručnog usavršavanja proizvodnih radnika i dr.

Projektni zadatak. Projektnim zadatkom definiše se cilj izgradnje objekta, stepen do koga treba razraditi investicioni projekat, zahtevi koje investitor nameće projektantu (izrada savremenog, po okolinu sigurnog i ekonomski racionalnog objekta), rok izrade investicionog projekta i revizija projekta od strane investitora. Projektni zadatak služi kao osnova za izradu tehničke dokumentacije (elaborata) tj. investicionog projekta bilo kog nivoa, pa i podprojekta (Ekelund, Hebert, 1997), (Hannagan, 1995). Na primer, složen projekat izgradnje novog preduzeća vojne industrije, za proizvodnju novog sredstva NVO, može biti tehnološki strukturiran (raščlanjen) na podprojekte izgradnje:

- proizvodnog pogona;
- magacina repromaterijala;
- magacina gotovih proizvoda;
- radionice za održavanje opreme;
- toplane i dr.

Izgradnja proizvodnog pogona i ostalih objekata čine delove ili faze projekta koje se, kao ključne aktivnosti projekta, unose u termin plan početka i završetka izgradnje.



Izradi investicionog projekta pristupa se na osnovu dobijenog projektnog zadatka. Svaki investicioni projekat sadrži brojne analize, moguća i prihvatljiva tehničko – tehnološka rešenja, planirane investicione troškove i očekivane koristi, kao i ocenu prihvatljivosti projekta. Ovakva procedura izrade investicionog projekta predstavlja jedan od najbitnijih uslova uspešnog upravljanja investicijama, jer obezbeđuje izbor ekonomski isplativog investicionog projekta. Ako planiramo izgradnju objekta za proizvodnju novog sredstva NVO (u okviru postojećeg preduzeća namenske industrije), investicioni projekat bi se mogao analitički razraditi prema određenim segmentima (Petrović, Denčić-Mihajlov, 2007). U sadržaju projekta mogli bi se pojaviti sledeći elementi:

1. *Analiza tržišta.* Neophodno je najpre sagledati potrebe sistema odbrane za novim sredstvom (domaće potrebe). Istovremeno treba proceniti tražnju proizvoda od nameravane investicije i srodnog proizvoda, na svetskom tržištu. U okviru ove analize procenjuju se i mogućnosti snabdevanja potrebnim repromaterijalom, energentima i sl. U zavisnosti od dobijenih rezultata, pristupa se ili se odustaje od realizacije ulaganja.

2. *Analiza tehničko-tehnoloških rešenja* proizvodnje novog sredstva NVO. Usvajanjem ideje o neophodnosti investiranja, s obzirom na potrebe odbrane naše zemlje, definisan je i program proizvodnje: asortiman i obim. Međutim, ovim nije završen proces investicionog odlučivanja, jer predmet investicionog projekta može biti proizveden prema različitim tehničko-tehnološkim rešenjima. Između više varijanti, investitor će kao najpovoljnije izabrati ono rešenje koje zadovoljava dva uslova, kumulativno posmatrana:

a) da predmet investicionog projekta (proizvod) bude zahtevanog kvaliteta, čime se potvrđuje tehničko-tehnološka i odbrambena opravdanost izbora projekta i

b) da predmet investicionog projekta (proizvod) bude sa najpovoljnijim ukupnim jediničnim troškovima, da bi se postigla ekonomska isplativost projekta.

Imajući u vidu oba uslova, potrebno je izvršiti identifikaciju alternativnih varijanti projekta, odnosno pristupiti izradi mogućih tehničko – tehnoloških rešenja (projekta). Svaka od tih varijanti opredeljuje izbor tehnologije, koju investitor može nabaviti na domaćem ili stranom tržištu. Treba izvršiti izbor mašina, uređaja i alata, kojima se omogućava planirana proizvodnja. Neophodno je uraditi specifikaciju opreme, sa cenama i gabaritima, jer će na osnovu tih podataka biti uradjen projekat građevinskog objekta za proizvodnju novog sredstva NVO.

3. *Građevinski projekat.* Projektno rešenje građevinskog dela investicionog projekta, najčešće se radi kao poseban elaborat. Projektom o gradjenju investicionog objekta, nosilac izrade projekta (institut, fakultet, projektantsko preduzeće) procenjuje potrebno zemljište, precizira strukturu građevinskog objekta po nameni (tako da se obezbeđuju optimalni uslo-

vi rada, smještaja opreme, transporta i skladištenja repromaterijala i gotovih proizvoda), definišu mesta za priključak na saobraćajnice i potrebne instalacije (elektro, vodovodna, kanalizaciona, grejanje, telefon).

Kao prilozi građevinskoj dokumentaciji, obično se daje pregled odobrenja za izgradnju građevinskog objekta i saglasnost za uključivanje u mreže javne infrastrukture.

4. *Analiza ekologije.* Prilikom izrade projekta neophodno je temeljito istražiti uticaje buduće proizvodnje na čitav ekosistem. Treba utvrditi moguće zagađivače radne i životne sredine: vode, vazduha, flore i faune. U zavisnosti od procene intenziteta mogućeg zagađenja, potrebno je u samom investicionom projektu predvideti investiciona ulaganja neophodna za ugradnju određene ekološke opreme. Jednostavno, preduzeća izazivači negativnih ekstenzivnih efekata, ne mogu te efekte prevaljivati na druga preduzeća ili državu, već ih moraju sama neutralisati. U suprotnom, privrednom subjektu može biti uskraćeno izdavanje potrebnih dozvola i saglasnosti.

5. *Analiza kadrova.* Treba sagledati kvalifikacionu strukturu po strukama i specijalnostima i njihovu zaposlenost po radnim mestima. Neophodno je predvideti broj radnika koje će zahtevati objekat investicionog projekta, kao i mogućnost stručne obuke eventualnih tehnoloških viškova radnika (Petrović, N., Petrović, D., 2011), (Andrejić, et al, 2008). Ukoliko se pokaže da investitor ima nepremostivih problema sa domaćom radnom snagom, a ne postoji mogućnost „uvoza“ kadrova (zbog namere investitora da sačuva tajnost projekta i proizvodnje), dalji rad na investicionom projektu bi bio doveden u pitanje.

Iterativnim postupkom analize alternativnih projekata (od tehničko-tehnološke, do kadrovske i ekološke), sužava se broj mogućih investicionih projekata, npr. sa pet, na tri rešenja. Međutim, investitor će realizovati samo jedno, i to najbolje rešenje, koje je i najprihvatljivije. Potrebno je izvršiti selekciju, kako bi bila izabrana najbolja investiciona alternativa. Da bi se izbegli rizici donošenja pogrešne odluke, selekcija alternativnih projekata se može izvršiti na osnovu cost-benefit analize.

Cost-benefit analiza

Cost-benefit analiza (engl. Cost-benefit, u prevodu: korist – trošak analiza) analitički je (računski) postupak utvrđivanja:

- sadašnje vrednosti svih prihoda i koristi i
- sadašnje vrednosti svih ulaganja i troškova, kao i gubitaka, koji se mogu očekivati tokom životnog veka privatnog ili javnog projekta (poduhvata). Reč je o koristima i troškovima (novčano izraženim) koje jedan projekat donosi preduzeću (predlagaču projekta) i investitoru, kao i društvu u celini. Svakako, uslov za to je da prihodi i koristi, odnosno ulaganja, troškovi i gubici, moraju biti kvantitativno izraženi tj. svedeni na novčanu vrednost, a potom sabrani, da bi se mogli međusobno uporediti.

Ova analiza može biti urađena:

- samo za jedan projekat, kada je dilema u odlučivanju da li prihvatiti ponuđeno rešenje ili nastaviti sa postojećim rešenjem (bez ikakvih promena);
- za više projekata, kada postoji mogućnost upoređivanja različitih investicionih projekata (ulaganja) i, na toj osnovi, izbor alternative koja daje najveću korist (za date troškove) ili koja podrazumeva najmanje troškove (za datu korist).

Finansijski isplativ i istovremeno prihvatljiv je onaj projekat kod koga prihodi i koristi nadmašuju ulaganja, troškove i gubitke. Filozofiju cost-benefit analize možda najbolje odslikava tzv. „Pareto napredak“ nazvan prema italijanskom ekonomisti Vilfredu Pareto. Načelo Paretoovog napretka zasniva se na pretpostavci da u današnjem savremenom društvu nije moguće sprovesti bilo kakav projekt koji nikome neće naneti štetu. Ekonomisti su za projekte analizirane korišćenjem cost-benefit analize, a koje je uglavnom sprovodila vlada, uveli pojam potencijalnog Paretoovog napretka. Prema ovom načelu, isplati se ulagati u svaki projekt kod kojeg su koristi onima koji ih uživaju, veće od troškova onima koji ih podnose. Za projekte koji ostvaruju koristi i koji kompenziraju posledično nastale troškove, može se reći da su ostvarili potpuni Pareto napredak.

Vremenski period za koji se provodi cost-benefit analiza treba da se podudara sa životnim ciklusom (vekom) projekta. Životni vek projekta obuhvata:

- a) razdoblje investiranja. To je vreme potrebno da se investicija „ospособi“ za stvaranje tržišno (društveno) prihvatljivih proizvoda ili usluga i
- b) razdoblje efektiviranja investicija (projekta) u realna dobra (usluge). To je razdoblje eksploatacije projekta, u kojem projekat daje dobit, odnosno očekivanu društvenu korist.

Cost-benefit analiza se koristi u privatnom sektoru (kod preduzetnika ili privrednog društva) za ocenu prihvatljivosti preduzetničkog investicionog projekta, koji preduzeću (kao individui) donosi samo direktne finansijske (komercijalne) efekte, merljive prirode. Sa aspekta preduzeća kao investitora, najznačajniji su upravo finansijski efekti projekta, koji se izražavaju u vidu povećanja prihoda i smanjenja troškova. Zato će preduzeće izvršiti finansijsku analizu projekta (projekata). U okviru ove analize, utvrdiće se troškovno najisplativiji projekat (kod alternativnog izbora projekta) ili doneti odluka o prihvatanju ili odbacivanju projekta (ako ne postoji mogućnost varijantnog izbora). Ako je npr. reč o grupi tekstilnih preduzeća okupljenih oko projekta za sprečavanje zagađenja vode, istraživači će uporediti rezultate analize troškova (uključujući i ulaganja) s jedne, i prihoda i koristi s druge strane, u životnom veku projekta. Njihovim suprotstavljanjem, utvrđuje se ukupna, tzv. neto korist, kao npr. $26.300 - 20.200 = 6.100$ din.

Koristi koje projekat donosi u svom životnom veku možemo sagledati i stavljanjem u odnos koristi i troškova, npr. $30.000 : 15.000 = 2$. Zaključujemo da je odnos koristi i troškova 2 : 1, što znači da na svaki dinar troškova projekta, dolaze 2 dinara koristi.

Za industrijske, telekomunikacione i druge projekte u oblasti tržišne proizvodnje, finansijska analiza može često ukazati na njihovu finansijsku isplativost. Iz očekivanih tržišnih prihoda i mogućnosti pokrića troškova i ulaganja, može se proceniti sigurnost oplodnje i vraćanja tuđih izvora sredstava (korišćenih za realizaciju projekta). Finansijska analiza se može primeniti i za ocenu isplativosti nekih manjih javnih projekata. Navešćemo jednostavan primer primene ove analize. Ministarstvo odbrane je donelo odluku da se radi povećanja efikasnosti rada i doslednog sprovođenja postupka javnih nabavki, izvrše neophodne promene u organizacionom delu koji izvršava poslove javnih nabavki, kroz:

- opremanje informatičkom tehnologijom i
- obuku brojčano manjeg, kadrovski promenjenog sastava.

Procenjeni troškovi nabavke računara, instalacija i obuke iznosi 1.200.000 din. Procenjene koristi (smanjenje broja ponovljenih oglasa, smanjenje troškova izrade konkursne dokumentacije, manji broj zaposlenog osoblja i sl.) iznose 1.900.000 din, na godišnjem nivou.

Očigledno je da se radi o finansijski isplativom projektu jer su koristi znatno veće od troškova (700.000 din), a cost – benefit koeficijent ($1900.000 : 1.200.000$) iznosi 1,58. Vreme povratka ulaganja za ovaj poduhvat iznosi oko 6 meseci ($1.200.000 : 1.900.000 = 0,62$), što znači da se pokriće troškova ostvaruje u tom periodu. Treba istaći da vreme povratka ulaganja u svaki poduhvat (preduzetnički i javni) predstavlja ključni kriterijum alokacije ulaganja. Tako se npr. vreme povratka ulaganja u neke grane proteže i preko 30 godina, što objektivno odvlači ulagače. Investitore privlače projekti sa kraćim vremenom povratka uložених sredstava (ima i ulaganja za koje je vreme povratka do jedne godine).

Za ocenu isplativosti velikih preduzetničkih, a pre svega projekata od javnog značaja, finansijska analiza je nedovoljna za donošenje odluke o njihovom prihvatanju ili odbacivanju.

Karakteristika procesa javnih investicija je da se realizuju kroz jednokratna ili višekratna velika ulaganja novčanih sredstava, najčešće izvršenih u sadašnjem vremenu, dok se efekti realizacije projekta očekuju u budućnosti, kao: izgradnja autoputa, tunela, aerodroma, škole, bolnice, odlagališta smeća, regionalnog sistema vodosnabdevanja i sl. Dok je u privatnom sektoru cilj realizacije projekta ostvarivanje dobiti, u javnom sektoru nema dobiti, jer usluge javnog sektora nemaju tržišnu cenu. Osim direktnih (finansijskih) efekata, oni donose i značajne indirektnе, netržišne efekte, koje nije jednostavno kvantitativno (novčano) izraziti. Koristi od investicija u javnom sektoru imaju svi članovi društvene zajednice (ostvarivanje energetske ciljeve, unapređenje kvaliteta životne sredine, jačanje odbrambene moći zemlje i sl.).

Ako bi ostali samo pri finansijskoj analizi, mogli bi zaključiti da je projekat finansijski neodrživ jer se iz očekivanog prihoda ne mogu pokriti ukupna ulaganja i troškovi. Osnovni problem kolektivnih dobara je u njihovoj ceni.

Cena tržišnih dobara se potvrđuje u spremnosti pojedinca (koji koristi to dobro) da za njega plati određenu cenu. Međutim, taj pristup je neprimenljiv u određivanju cene javnih dobara. Jednostavno, kolektivna dobra su dostupna svima, bez izuzetka, najčešće bez ikakve ili sa simboličnom naknadom. Zbog njihovog zajedničkog korišćenja, može se doći u situaciju da pojedinci ne pokazuju spremnost za plaćanje realne cene društvenih dobara. Potrebno je proceniti i druge, neekonomske (netržišne) efekte: direktne i indirektne troškove i sve koristi koje jedan projekat donosi društvenoj zajednici. Zato se pored finansijske, izrađuje i ekonomska analiza. Obe analize postaju integralni delovi jedinstvene cost-benefit analize. Odnosno, ove projekte je realno analizirati i ocenjivati samo primenom cost-benefit analize.

Cost-benefit analiza nema široku primenu kod investicionih projekata koje realizuju preduzeća, ukoliko:

- projekat donosi samo direktne (komercijalne) efekte i
- realizacija projekta ne pretpostavlja pomoć države.

Cost-benefit analiza se koristi prvenstveno za kvantitativno ocenjivanje investicionih projekata u javnom sektoru, koji zahtevaju velika ulaganja investicionih sredstava. Kao predlagači ovih projekata najčešće se pojavljuju javna preduzeća ili budžetski korisnici, jer su investicije u kolektivna dobra, skoro po pravilu, nerentabilne za pojedince. Široka je primena cost-benefit analize i od investicionih projekata koji se realizuju uz pomoć države. Troškovi javnih projekata terete širu ili užu društvenu zajednicu (pa i buduće generacije), dok su koristi dostupne svima (preduzećima i građanima) na užem području ili na celokupnoj državnoj teritoriji, danas i u budućnosti. Za razliku od preduzetničkih projekata, prihodi, a posebno koristi, su posredni i dugoročni, sa efektima i na druge ekonomske subjekte društva. Za indirektne neekonomske efekte od investicija, koje je teško kvantitativno utvrditi, preduzeća nisu posebno zainteresovana. Cost-benefit analiza je koristan alat za dokazivanje kreatorima ekonomske politike očekivane efikasnosti jednog projekta, u odnosu na nultu stanje (kada se zahvat ne preduzima) i za donošenje odluke o pružanju finansijske podrške potrebne za njegovu realizaciju. Na osnovu ove analize, državna administracija može otkloniti dilemu da li da prihvati jedinu ponuđenu varijantu, kao društveno isplativog zahvata, ili da ostane pri nultom stanju. Istovremeno, to je metoda izbora rentabilnog projekta, između različitih varijanti (alternativa) projekata. Izborom projekta se potvrđuje spremnost društva da prihvati (plati) veličinu troškova uključujući i štete po celo društvo, koje bi nastale sprovođenjem izabranog projekta, s obzirom na društvene koristi (ekonomske, ekološke, odbrambene i dr). Reč je o javnim projektima koji se moraju vrednovati sa makro aspekta, da bi se pouzdano ocenilo da li društvene koristi nadmašuju ukupna ulaganja i troškove.

Donošenju odluke o realizaciji investicionog projekta prethodi izrada:

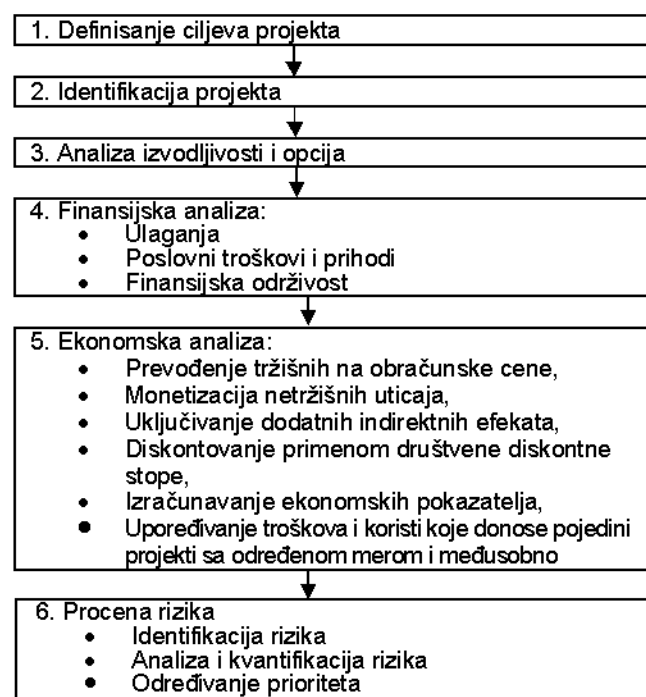
- *predinvesticione studije*. To je projekat koji u svom završnom delu sadrži ocenu ekonomske opravdanosti predmetne investicije. Na osnovu

ove studije, investitor donosi prethodnu odluku o realizaciji investicionog projekta. Ako predinvesticiona studija bude pozitivna, pristupa se izradi investicionog programa i

– *investicione studije*. Ova studija takođe sadrži ocenu ekonomske opravdanosti investicije, na osnovu koje investitor donosi konačnu odluku o realizaciji projekta. Sa usvajanjem investicione studije završavaju se pripremne investicione aktivnosti.

Faze cost-benefit analize

Cost-benefit analiza predstavlja obiman proces u okviru koga se izvršavaju brojne procene, sumiranja i poređenja. Zato se ova analiza realizuje prema određenoj proceduri, kao preduslov ostvarivanja valjane ekonomske analize (sa makro aspekta). U skladu sa propisima Evropske unije (Čupić, 2009), preporučuje se sprovođenje cost-benefit analize kroz sledećih 6 faza:



Slika 2 – Algoritam toka implementacije cost-benefit analize

Figure 2 – Algorithm of the flow of the cost-benefit analysis implementation

Nakon svega, sledi konačan izbor – donošenje odluke o prihvatanju ili odbacivanju konkretnog projekta (ulaganja).

Definisanje ciljeva projekta

U prvoj fazi se definiše cilj, odnosno koristi koje bi projekat trebalo da donese. Na osnovu tako utvrđenog cilja, predlagač projekta će izvršiti procenu njegove ekonomske opravdanosti.

Identifikacija projekta

U drugoj fazi vrši se identifikacija projekta. Predmet cost-benefit analize je projekat shvaćen kao serija aktivnosti koje treba da doprinesu ostvarivanju nedeljivog cilja. To znači da predmet ove analize ne mogu biti delovi nekog projekta, već projekta u celini ili grupa projekata usmerenih ka ostvarenju utvrđenog cilja. U ovoj fazi se definišu i glavni elementi projekta. Javni sektor je zainteresovan za realizaciju fizičkih projekata: spaljivanje opasnog otpada, izgradnja tunela, proizvodnja savremenih sredstava NVO, očuvanje poljoprivrednog zemljišta itd. Glavni elementi ovih projekata su: izbor lokacije i mesta za realizaciju projekta, utvrđivanje vremenskog perioda i toka realizacije projekta, način ostvarivanja veze sa ostalim projektima i sl.

Kao vreme sprovođenja cost-benefit analize ne uzima se veoma dug vremenski period, bez obzira što sekundami efekti nastaju i posle isteka veka trajanja projekta. Jer, kod vremenski veoma dugog projekta postoji mogućnost da diskontovanje u potpunosti degradira efekte koji se očekuju u budućnosti. U EU prihvatljiv planski period je oko 10 godina za projekte u oblasti industrije, a preko 20 godina za infrastrukturne projekte.

Analiza izvodljivosti i opcija

U nastavku treba izvršiti analizu izvodljivosti i opcija. Za svaki projekat moguće je identifikovati više opcija tj. načina realizacije. Primera radi, opcije za projekt izgradnje puta, od mesta M do mesta N, mogu biti:

- asfaltni put sa dve trake, kroz mesta X – Y, sa početkom izgradnje u kratkom roku;

- asfaltni put sa dve trake, obilaznim putem, pored mesta A – B, čija će izgradnja početi naredne godine.

Obe opcije predstavljaju opcije „činjenja“, kojima pridružujemo i treću - opciju „nečinjenja“ (nepreduzimanja bilo kakvih aktivnosti). Sve opcije realizacije projekta trebaju biti analizirane najpre sa stanovišta njihove izvodljivosti. Analiza izvodljivosti opcija je u razmatranju dostupnosti infrastrukture, materijala, građevinske opreme, uticaja na životnu sredinu i sl. (u ovoj fazi se još uvek ne razmatraju troškovi i koristi). Analiza može da ukaže na:

- a) neizvodljivost prve dve opcije. Tada treća opcija postaje realna, uz uslov da je i ona održiva za kraće ili duže vreme;

b) izvodljivost prve dve opcije. U tom slučaju treba izabrati ekonomski isplativiju opciju. Polazi se od uverenja da obe opcije izazivaju različite troškove i donose različitu korist. Biće izabrana ona opcija kod koje je veća razlika između koristi i troškova. Analizi se podvrgavaju sve projektne varijante (potvrđene kao moguće), da bi za svaku od njih, primenom cost – benefit analize, bila utvrđena isplativost opcija. Osnovne delove ove analize čine:

- finansijska analiza i
- ekonomska analiza.

Na osnovu ocene finansijske efikasnosti (isplativosti) i ocene ekonomske opravdanosti investicionih alternativa, moguće je izvršiti rangiranje projekata. Za investitora je najpovoljniji (i biće izabran) onaj projekat od čije realizacije se može očekivati najveća finansijska isplativost i najveća društvena opravdanost.

Finansijska analiza

Finansijska (tržišna) ocena daje odgovor na pitanje finansijske efikasnosti projekta. Ocena finansijske efikasnosti ulaganja rezultira iz proračunatih finansijskih efekata (priliva i odliva novca, koji se očekuju tokom životnog ciklusa projekta). Finansijski je najisplativiji projekat sa koji se može ostvariti najveća razlika između novčanih priliva i odliva. U okviru ove analize:

a) sagledavaju se mogućnosti investitora za nove investicione projekte. Svaki privredni subjekt koji želi da se investiciono angažuje, mora prethodno da izvrši detaljnu analizu investicionih mogućnosti. To će učiniti na bazi analize finansijskog poslovanja tj. bilansa uspeha u nekoliko poslednjih godina, kao i analizu bilansa stanja (osnovnih i obrtnih sredstava i izvora finansiranja). Zaključak o mogućnosti investitora da uđe u nove investicije donosi se i na osnovu podataka o investicijama u toku i proračuna ukupno potrebnih investicionih sredstava u osnovna sredstva (građevinski objekti, domaća i uvozna oprema, uključujući troškove montaže i carinjenja) i obrtna sredstva (zalihe materijala, nedovršena proizvodnja, zalihe gotovih proizvoda, rezervnih delova, ambalaže i sitnog inventara). Proračun potrebnih novčanih sredstava se prikazuje po obimu i dinamici ulaganja, za svaku godinu eksploatacije i za celokupan eksploatacioni period.

b) utvrđuju se izvori finansiranja projekta. Obezbeđenje potrebnih finansijskih sredstava je uslov početka realizacije i eksploatacije investicija. Na osnovu podataka o potrebnim finansijskim sredstvima, treba predvideti moguće izvore finansiranja (sopstvena i tuđa sredstva). Ukoliko je veće učešće sopstvenih sredstava u ukupnim sredstvima za investicije, odnosno ukoliko je veća finansijska sposobnost investitora, utoliko je i povoljnija ocena za nastavak rada na investicionom projektu.

c) zrađuje se procena rezultata mogućih varijanti investicionog projekta u periodu eksploatacije (životnom ciklusu projekta). Svaka od varijanti projekta podrazumeva mogućnost realizacije projekta, sa različitim iznosom procenjenih troškova i očekivanih koristi, u periodu eksploatacije. Radi toga se sastavlja finansijski tok projekta, kao rezultat finansijskih efekata koje projekat donosi u celokupnom planskom periodu. Finansijski efekti su novčani prilivi (koristi) i ostatak vrednosti projekta (rezidualna vrednost), kao i novčani odlivi (izdaci, tj. troškovi i gubici). Iz razlike sumiranih troškova i koristi, utvrđuje se čist novčani tok, koji služi kao osnova za konačnu ocenu različitih varijanti projekta. U zavisnosti od rezultata finansijskog toka (pozitivnog ili negativnog), formira se ocena finansijske podobnosti projekta.

Ekonomska analiza

Da bi cost-benefit analiza bila potpuna, osim finansijske analize, obavezno se sprovodi ekonomska analiza, pri čemu je potpuno nebitan redosled njihovog izvršenja. Za razliku od finansijske analize, koja istražuje finansijsku isplativost (korist) koju projekat donosi njegovom vlasniku (investitoru i finansijeru), ekonomska analiza istražuje isplativost tj. koristi i štete koje projekat donosi društvu u celini (uključujući i investitora) Zato ekonomska analiza uzima u obzir i sve identifikovane eksteme efekte projekta.

Ekonomska (društvena) ocena daje odgovor na pitanje ukupne ekonomske (društvene) efikasnosti projekta (Đedović, 2010). Ova ocena bazira na razlici ukupnih koristi koje projekat donosi društvu u celini (uključujući i investitora) i ukupnih troškova koje će projekat izazvati.

Posle izbora najpovoljnije varijante projekta i donošenja odluke o njegovoj realizaciji, sledi utvrđivanje konstrukcije finansiranja investicija i donošenje investicione odluke. Po obezbeđenju sredstava, pristupa se fizičkoj realizaciji projekta. Radna faza obuhvata:

a) izradu terminskog plana investicionih ulaganja. Sastavljači projekta formiraju ovaj plan vodeći računa o izvorima investicionih sredstava. Ni u jednoj fazi životnog ciklusa, projekat ne sme ostati bez neophodnog minimuma sredstava, jer bi se dinamika njegovog izvođenja mogla dovesti u pitanje. Sopstveni izvori finansiranja su, svakako, najsigurniji i najjeftiniji, ali su najčešće nedovoljni za fizičku realizaciju projekta. Zato se korišćenje tuđih izvora mora blagovremeno planirati i obezbediti;

b) pripremu izvođenja gradnje;

c) izgradnju građevinskog objekta i infrastrukture, pribavljanje odgovarajuće opreme, kao i ulaganja u obrtna sredstva. Uporedo s tim, investitor prati i kontroliše:

– vremensku realizaciju (na osnovu izveštaja o stanju radova: stanju ključnih događaja, stanju aktivnosti i dr). Praćenje i kontrola utrošenog vremena inicirane su potrebom preventivnog delovanja na aktivnosti ka-

šljenja. U suprotnom, faza gradnje bi mogla biti prolongirana, što bi izazvalo poskupljenje realizacije projekta.

– dinamiku ostvarivanja troškova po vrstama, posebno stavki koje su dominantne u ukupnim troškovima projekta.

d) završni radovi;

e) prijem radova i

f) puštanje novopodignutog proizvodnog objekta u probnu proizvodnju, odnosno uhodavanje proizvodnje novog sredstva NVO.

Procena rizika

Budući da je realizacija investicionog projekta okrenuta ka budućnosti koju karakteriše rizik i neizvesnost, investitor u okviru cost-benefit analize treba da izvrši identifikaciju i procenu rizika. Rizik se zasniva na nedovoljnim i nesigurnim informacijama i nepotpunoj spoznaji budućnosti, na osnovu kojih se donose investicione i finansijske odluke na dugi rok.

Procena rizika se zasniva na iskustvu, intuiciji, pronicljivosti, znanju investitora i na njegovoj sposobnosti da identifikuje inicijalnu dominu. To znači da ona predstavlja rizičan posao, jer uvek postoji određeni stepen verovatnoće da dođe do pojave „domino efekta“ (nepredviđeni obrt), tj. neželjenih i neočekivanih događaja, čiji efekti mogu da utiču u tolikoj mери, da može doći do toga da se realizacija celog projekta dovede u pitanje. Cilj procene rizika je da investitori na osnovu znanja i iskustva predvide i spreče nastanak događaja koji sa sobom nose rizike, kao i da se neizvesnosti koje nosi svaki projekat svedu na najmanju moguću meru, tj. minimizuju posledice neplaniranih događaja. Da bi se te mere preduzele, potrebno je da se razume suština rizika, potrebe i mogućnosti upravljanja rizikom, kao važnog segmenta u upravljanju projektima.

Upravljanje rizikom daje odgovor na pitanje gde su zamke u vidu neželjenih promena koje mogu da ugroze uspešno okončanje projekta i kako ih izbeći. Faze upravljanja rizikom su:

a) identifikacija svih rizika koji značajno utiču na rizik projekta;

b) procena i kvantifikacija rizika, tj. kategorizacija, merenje i dublja analiza rizika;

c) razvoj strategija za različite nivoe identifikovanih rizika;

d) preduzimanje akcija, dokumentovanje i kontrola rizika (što su dokumentacija i kontrola sveobuhvatnija, to je veća mogućnost da se izbegne rizik).

Verovatnoća nastanka rizičnih događaja i troškova, kao posledica rizičnih događaja tokom životnog veka projekta prikazana je na slici (Stevenson, 2005):

Verovatnoća nastanka
rizičnih događaja
i troškova

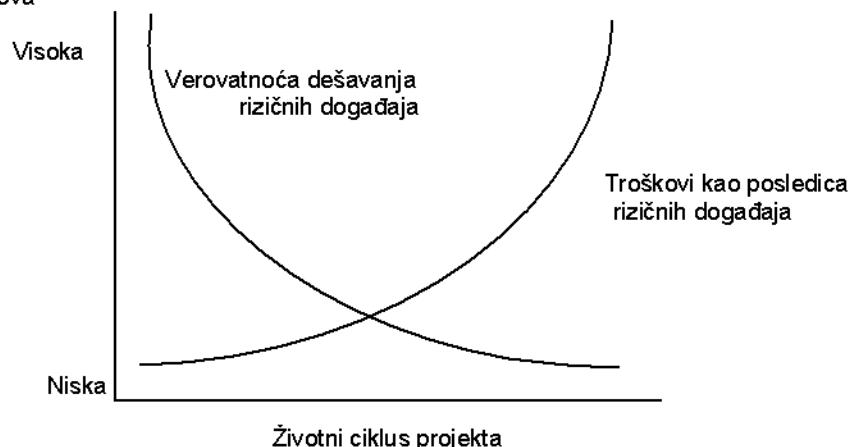


Figure 3 – Probability of risk events and development costs
Slika 3 – Verovatnoća dešavanja rizičnih događaja i troškova

Na prikazanoj slici se vidi da je verovatnoća pojave rizičnih događaja najviša na početku realizacije projekta, nakon čega se tokom perioda smanjuje. To znači da dobro upravljanje rizikom projekta podrazumeva identifikovanje i procenu što više potencijalnih rizika u početku životnog ciklusa projekta i pažljivo praćenje kritičnih događaja sa ciljem pravovremenog eliminisanja problema u svojim ranim fazama (Sroder, 1999). Troškovi, kao finansijske posledice koje su prouzrokovane nastankom rizičnih događaja, najniži su na početku životnog ciklusa projekta. Ako se troškovi pravovremeno ne prate i ne lociraju sva odstupanja od plana, oni vremenom rastu, tako da nastaju gubici kao kazna za preduzeća koja loše koriste resurse (Wisniewski, 2009).

Zaključak

Pravilno primenjen postupak cost-benefit analize tokom razrade investicione ideje obezbeđuje potpun uvid u sve elemente rashoda tokom realizacije investicionog projekta i pouzdano predviđanje novčanih tokova u fazi ekonomskog veka projekta. Analiza daje pun uvid u izvore sredstava, dinamiku finansiranja i termine priliva i odliva finansijskih sredstava.

Samo pouzdana analiza troškova realizacije i prihoda koji slede u periodu kada projekat počne da prihoduje može pokretaču investicione ideje dati jasnu sliku isplativosti projektnog zadatka, opravdanosti realizacije i konkurentne prednosti na tržištu.

Literatura

- Andrejić, M., Novaković, S., Majstorović, A., 2008, Planiranje u vojnim organizacionim sistemima, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 56, No. 1, pp. 13–30.
- Čupić, M., 2009, *Cost – benefit analiza*, Business Start-up centre, Kragujevac.
- Đedović, B., 2010, *Vođenje i vrednovanje projekata*, FMMS, Beograd.
- Ekelund, R. B. Jr., Hebert, R. F., 1997, *A History of Economic theory and method* (third edition), 1990, prevod, MATE, Zagreb.
- Hannagan, T., 1995, *Management, Concepts & Practices*, Pitman Publishing, London.
- Keller, G., 2009, *Managerial Statistics*, South –Western CENGAGE Learning, Mason USA.
- Petrović, N., Petrović, D., 2011, *Makroekonomija*, Visoka poslovna škola, Čačak.
- Petrović, E., Denčić-Mihajlov, K., 2007, *Poslovne finansije, Dugoročni aspekti finansijskih ulaganja*, Ekonomski fakultet u Nišu.
- Sroder, R., 1999, *Operations management – Decision Making in the Operations Function*, prevod, MATE, Zagreb.
- Stevenson, W., 2005, *Operations management*, McGraw-Hill, New York.
- Wisniewski, M., 2009, *Quantative Methodos for Decision Makers*, Prentice Hall.

METHODOLOGICAL PROCEDURE IN THE EVALUATION OF PROJECTS USING THE COST-BENEFIT ANALYSIS

FIELD: Industrial Software

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

Investment projects are complex, long-term business ventures which engage considerable financial resources. Analyzing an investment idea and a large number of alternatives on the road to a final solution, requires a systematic approach and the application of modern quantitative statistic and optimization methods. A flowchart of activities is given in documents of pre-investment and investment studies, covering all phases of the project life cycle. A cost-benefit analysis provides strong support in evaluating projects as successful business ventures and in evaluating project solutions. Indeed, this analysis is still rarely applied in our country, unlike the practice in developed countries.

The methods and techniques of the cost-benefit analysis provide a criterion selection of alternative solutions and strong quantitative predictions of a business venture flow; they optimize revenues and expenditures and strongly support correct decisions. of investment idea initiators The best is to do the cost- benefit analysis in the stage of pre-investment studies and to examine alternative solutions later, during the preparation of investment studies.

Introduction

In the introduction of this article, the importance of investment projects is explained, with very different project materials in different activities of market and non-market productions.

Content of investment projects

This part shows that technical documentation made for each project includes a number of analysis, possible and acceptable technical-technological solutions, estimated costs and expected benefits as well as an evaluation of the project acceptability. In this section, the main project for the construction of a new enterprise of military industry is technologically divided into the sub-projects of construction of particular facilities, as graphically shown in Fig. 1. The investment project can be developed according to certain elements, such as: market analysis, analysis of technical-technological solutions, staff analysis, etc.

Cost – benefit analysis

The content of the cost-benefit analysis is considered with the emphasis on its significant usefulness for the evaluation of cost-effectiveness of projects requiring large investments, which are primarily public projects, but also entrepreneurial projects implemented with the help of the state.

Phases of the cost-benefit analysis

This part indicates the scope of the implementation process of the cost-benefit analysis realization, which is confirmed by its implementation flow algorithm, in accordance with the recommendations of the European Union: 1. Definition of projects objectives; 2. Project identification; 3. Feasibility analysis of options; 4. Financial Analysis; 5. Economic analysis; and 6. The risk assessment.

Conclusion

The concluding remarks emphasize that a properly applied procedure of the cost-benefit analysis during the elaboration of investment ideas provides a complete overview of all expenditure elements during the implementation of investment projects; it also gives a reliable prediction of cash flows in the phase of the project economic life. The analysis gives a full insight into the sources of funds, financing and dynamics of inflow and outflows of funds.

Only through a reliable analysis of the implementation costs and the revenue in the subsequent period when the project starts to earn profit can the investment idea initiator get a clear picture of the project cost-effectiveness, feasibility of its implementation and its competitive advantage in the market.

Key words: Investment project, cost-benefit analysis, pre-investment study, investment study, project life cycle, financial analysis, economic analysis.

Datum prijema članka/Paper received on: 31. 01. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 18. 02. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 20. 12. 2012

BEZBEDNOSNI ASPEKTI CLOUD COMPUTING OKRUŽENJA U MOGUĆIM VOJNIM PRIMENAMA

Andreja B. Samčović,
Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-2595

OBLAST: računarske nauke, telekomunikacije, informatika

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Evolucija cloud computing-a tokom poslednjih nekoliko godina potencijalno predstavlja jedan od najvećih napredaka u istoriji računarstva i telekomunikacija. Iako su prednosti usvajanja koncepta cloud computing-a brojne, postoje i neke značajne prepreke, od kojih je najbitnije pitanje bezbednosti. U ovom radu objašnjava se koncept cloud computing-a; daje se osvrt na tehnološke pokretače cloud computing-a; opisuju se modeli isporuke cloud servisa. Navedeni su postojeći modeli oblaka, kao i neka iskustva u stranim armijama. Osim toga, posebno je razmotrena bezbednost-kao-servis zbog svog značaja u vojnim primenama.

Cljučne reči: clouds, computing, evolucija, telekomunikacije.

Uvod

Cloud computing (CC) predstavlja takvu kombinaciju računarskog hardvera, softvera, ekspertize i online usluga, koja podrazumeva više umreženih računara pod istim mrežnim operativnim sistemom, koji je dovoljno fleksibilan da mogu da mu se dodaju/menjaju/oduzimaju resursi bez prekida i koji te resurse može da dodeljuje jednostavnim, ali i kompleksnim aplikacijama (skalabilnost). Što je još bitnije, *cloud computing* je model korišćenja računarskih resursa (servera, diskova, operativnih sistema i aplikacija) na način da se ti resursi iznajmljuju, a ne kupuju.

Posledica takvog pristupa je da korisnik plaća samo onoliko resursa koliko zaista i koristi (*pay-as-you-go*), tako da više ne mora da vodi brigu oko nabavke hardvera i instalacije, kao i održavanja softvera (operativnog sistema i aplikacija) na tom hardveru. Zahvaljujući tome, naučne i vojne aplikacije trebalo bi da budu efikasnije, manevarski prostor veći, uz mogućnost da se uvek koristi najsavremeniji softver i to po povoljnijoj ceni (Mather et al., 2009).

Najveći deo arhitekture *cloud computing*-a koji se danas koristi obuhvata javne *cloud computing* mreže namenjene pružanju usluga putem in-

ZAHVALNICA: Ovaj rad je deo istraživanja na projektima pod brojevima 32025 i 32048, koje finansira Ministarstvo za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

temeta, kao što su *Google Search*, *Microsoft Hotmail* ili *Google AdSense* (Mather et al., 2009). Veliki provajderi usluga, zajedno sa tipičnim pionirima u prihvatanju novih tehnologija kao što su finansijske usluge i farmaceutske kompanije, takođe primenjuju arhitekturu CC prilikom implementacije privatnih *cloud* mreža zaštićenih *firewall*-om. Ovaj način korišćenja još uvek je u početnoj fazi i očekuje se da će ostvariti dalji rast na bazi korporativnih tehnologija virtuelizacije koje se već sada uvode.

Koncept *cloud computing*-a je proizišao iz ideje iznajmljivanja resursa informacione tehnologije (IT), npr. za procesiranje i skladištenje podataka kao usluge koja se plaća na osnovu korišćenja. Njegovi prethodnici su modeli distribuiranih usluga razvijeni tokom prošle decenije (*utility computing*, *grid computing*, *on-demand computing*).

Sam termin 'oblak' se koristi kao metafora za internet, a potiče iz običaja da se središnja infrastruktura informacionih i komunikacionih usluga, od telefonije, preko serverskih farmi do interneta, crta kao oblak.

Upotreba *cloud computing*-a korisnike oslobađa od kapitalnih ulaganja u IT infrastrukturu, kao i sindroma viška hardvera i softvera (*overprovisioning*), koji se javlja kada je potrebno da se vršna opterećenja (*peak demands*) pokriju vlastitom IT infrastrukturom.

Kada je potrebno korišćenje više računarskih resursa zbog pojave vršnog opterećenja, moguće je iznajmiti ih u oblaku, a kada potreba za njima nestane, otpustiti ih; samim tim, ne postoji briga oko toga da li skupo plaćena oprema skuplja prašinu ili troši električnu energiju.

Osim toga, možda je najbitnija prednost *cloud computing*-a to što se njime, pored računarskih resursa – hardvera i softvera – zapravo iznajmljuje i konfigurisana serverska farma u koju su ti resursi uklopljeni. Naime, umrežavanjem tako velikog broja računara širom sveta dobija se snaga super-računara i otvaraju novi horizonti za povećanje nivoa usluga i profita (Mather et al., 2009).

Google ovaj princip praktično primenjuje od svog nastanka – svoje usluge isporučuje uz pomoć farmi računara: pretražu interneta obavlja uz pomoć velikih guglpleksa koji se sastoje od velikog broja običnih, personalnih računara *PC* (*Personal Computers*) koji nisu skupi, a uz to su lako zamenljivi; njihova procesorska moć se kombinuje tako da korisnicima omogućava da trenutno dođu do željenih informacija u beskrajnom rudniku interneta (Caceres et al., 2010).

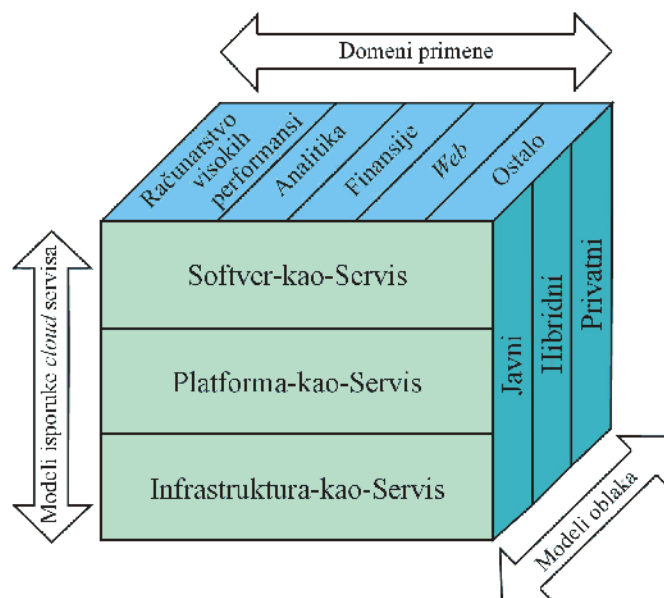
Snaga super-računara je do sada bila dostupna samo armijama, vladinim obaveštajnim službama, univerzitetima i velikim istraživačkim laboratorijama, i to za izvršavanje kompleksnih računanja za zadatke kao što su simulacija nuklearne eksplozije, predviđanje klimatskih promena, ili dizajniranje aviona. *Cloud computing* pruža ovakav tip moći, izvršenje desetina triliona računskih operacija u sekundi, za analiziranje rizika u finansijama, pružanje ličnih medicinskih usluga, čak i pokretanje veoma zahtevnih računarskih igara. Upravo to se postiže umrežavanjem velikih grupa, odnosno farmi servera, koji često koriste jeftinu potrošačku *PC* tehnologiju sa specijalizovanim konekcijama za širenje obrade podataka.

U *cloud computing* sistemu postoji značajni napredak u radu. Lokalni računari više ne moraju da izvršavaju teške poslove prilikom izvršavanja aplikacija. Mreža računara koja kreira oblak obavlja te poslove umesto lokalnih računara. Hardverski i softverski zahtevi na strani korisnika se smanjuju. Jedina stvar koju korisnik računara mora da ima da bi mogao da radi u *cloud computing* sistemu je softverski interfejs koji može biti obični pretraživač (*web browser*), a CC mreža obavlja sve ostalo (Choo, 2010).

Posle uvodnog dela, u drugom delu rada razmotreni su modeli isporuke *cloud computing* servisa. U narednom poglavlju opisani su modeli oblaka: javni, privatni i hibridni. Zatim su data neka iskustva stranih armija u pogledu CC. Sledeća sekcija razmatra posebno Bezbednost-kao-Servis zbog svoj značaja u vojnim primenama. Poslednje poglavlje obuhvata neka zaključna razmatranja.

Modeli isporuke cloud servisa

Framework koji se koristi za opisivanje *cloud computing* servisa poznat je pod akronimom SPI (*Softver Platforma Infrastruktura*) i označava tri najveća servisa koji se pružaju putem oblaka, a to su: Softver-kao-Servis (*SaaS, Software-as-a-Service*), Platforma-kao-Servis (*PaaS, Platform-as-a-Service*) i Infrastruktura-kao-Servis (*IaaS, Infrastructure-as-a-Service*) (Choo, 2010). Slika 1 ilustruje vezu između ovih servisa, njihove upotrebe i modela oblaka.



Slika 1 – SPI framework za cloud computing (Choo, 2010)
Figure 1 – SPI framework for cloud computing (Choo, 2010)

Tradicionalne metode kupovine softvera podrazumevaju da korisnik nadograđuje softver na hardver i da pri tome plaća troškove licence (što je kapitalni trošak). Korisniku je takođe bilo omogućeno da sklopi ugovor o održavanju i da, po određenoj ceni, dobija sigurnosne zakrpe i druge usluge za podršku softvera. Briga o kompatibilnosti operativnih sistema, instaliranju zakrpa i sl. padala bi na teret korisnika.

Softver-ka-Servis (SaaS, Software-as-a-Service)

U SaaS modelu korisnik ne kupuje softver, već ga iznajmljuje, tako što ili plaća pretplatu, ili plaća softver onoliko koliko ga koristi (*pay-per-use*), što je operativni trošak. Uobičajeno je da je kupljeni servis, odnosno usluga, kompletna sa stanovišta hardvera, softvera i podrške. Korisnik pristupa servisu preko bilo kog uređaja za pristup.

Prednosti SaaS modela ogledaju se u sledećem:

SaaS omogućava organizacijama da izmeste hostovanje i upravljanje aplikacijama i prepuste ih trećoj strani (prodavcu softvera ili *cloud* servis provajderu) i da na taj način smanje troškove licenciranja softvera, aplikacija i druge infrastrukture, kao i osoblja potrebnog da hostuje te aplikacije unutar organizacija.

SaaS omogućava prodavcima softvera da kontrolišu i ograniče korišćenje, da zabranjuju umnožavanje i distribuiranje, i uopšte im olakšava kontrolisanje svih izvedenih verzija njihovog softvera. Ovakav vid centralizovane kontrole omogućuje prodavcima i distributerima softvera da uspostave stalni priliv prihoda od mnogobrojnih organizacija i pojedinačnih korisnika bez potrebe da učitaju softver kod svakog korisnika ili organizacija ponaosob.

Isporuka aplikacija upotrebom SaaS modela bazira se na *one-to-many* principu korišćenjem mreže (*web*) kao infrastrukture. Krajnji korisnik može pristupiti SaaS aplikaciji preko *web* pretraživača. Pojedini distributeri obezbeđuju svoj interfejs projektovan tako da podržava karakteristike jedinstvene za njihove aplikacije.

Korišćenje SaaS modela ne zahteva hardver; može se pokrenuti preko postojeće infrastrukture za pristup internetu. Ponekad su potrebna dodatna podešavanja zaštitnog zida (*firewall*). Ponuda SaaS modela se najčešće realizuje preko javne mreže, tako što se aplikacijama baziranim na ovom modelu pristupa preko interneta.

Najznačajnija razlika u arhitekturi između tradicionalnog modela softvera i SaaS modela ogleda se u broju zakupaca, odnosno korisnika koje aplikacija podržava, tj. opslužuje. Tradicionalni model softvera je izolovani model koji podrazumeva jednog korisnika, što znači da korisnik kupuje softversku aplikaciju i instalira je na serveru. SaaS je model čija arhitektura podržava veći broj korisnika, što znači da je fizička infrastruktura hardvera deljena među većim brojem korisnika, ali je logički jedinstvena za svakog korisnika ponaosob (Choo, 2010).

Posebnu pažnju treba posvetiti funkcijama provjere autentičnosti i kontrole pristupa, koje nudi *cloud* servis provajder SaaS modela. To je najčešće jedini način kontrole bezbednosti koji je dostupan za upravljanje rizikom kome su informacije izložene.

Mnogi provajderi nude korisnički interfejs sa alatima za proveru autentičnosti i kontrolu pristupa aplikacijama. Pojedine SaaS aplikacije imaju ugrađene funkcije pomoću kojih korisnici mogu da dodele privilegije čitanja i pisanja drugim korisnicima. Međutim, upravljanje takvim privilegijama može imati slabe tačke zbog kojih njihovo korišćenje ne bi bilo u skladu sa standardima kontrole pristupa neke organizacije.

Platforma-kao-Servis (PaaS, Platform-as-a-Service)

U slučaju PaaS modela, provajder nudi razvojno okruženje programerima koji razvijaju aplikacije i nude svoje usluge preko platforme provajdera. Uobičajeno je da *cloud* servis provajder nudi alate i standarde za razvoj, kao i kanale za distribuciju i plaćanje tih usluga. Takođe je uobičajeno da provajder naplaćuje pružanje platforme i usluge prodaje i distribucije servisa. To omogućava brzo širenje softverskih aplikacija, s obzirom na nisku cenu pristupanja kanalima koji korisnicima stoje na raspolaganju.

PaaS predstavlja varijaciju SaaS modela, pri čemu se razvojno okruženje nudi kao servis. Programeri koriste gradivne blokove (unapred definisane i određene blokove koda) razvojnog okruženja za kreiranje sopstvenih aplikacija. Takođe, sami alati za razvoj aplikacija su hostovani u oblaku i pristupa im se preko pretraživača; na taj način je programerima omogućeno da kreiraju aplikacije bez prethodnog instaliranja alata.

PaaS model je naročito koristan zato što omogućuje malim i novim kompanijama da razviju i koriste aplikacije bez troškova kupovine servera i bez potrebe za njihovim podešavanjem (Choo, 2010).

Uopšteno govoreći, *cloud* servis provajderi PaaS modela su odgovorni za obezbeđivanje platforme na kojoj se pokreću korisničke aplikacije. Aplikacije PaaS modela mogu da koriste komponente ili *web* servise koje pruža treća strana, tj. provajder aplikacija, pa je u tom slučaju provajder odgovoran za bezbednost svojih usluga. Dakle, korisnici bi trebalo da razumeju zavisnost njihovih aplikacija od svih usluga i procene rizike koji se odnose na pružanje usluga od strane trećeg provajdera. Sve do sada, *cloud* servis provajderi nisu bili voljni da otkrivaju informacije koje se tiču bezbednosti platforme, koristeći kao argument da bi takve informacije hakeri mogli da upotrebe u svoju korist. Ipak, korisnici bi trebalo da zahtevaju transparentnost od *cloud* servis provajdera i da traže pristup informacijama neophodnim za procenjivanje rizika i upravljanje bezbednošću.

U slučaju PaaS modela isporuke servisa, osnovni principi bezbednosti su čuvanje i izolacija aplikacija jednih korisnika od aplikacija drugih korisnika. *Cloud* servis provajder je odgovoran za praćenje novih grešaka i ranjivosti koje mogu biti iskorišćene za eksploataciju PaaS platforme. Takva situa-

cija predstavlja najgori scenario za PaaS usluge; implikacije vezane za privatnost osetljivih korisničkih informacija su nepoželjne i mogu da nanesu veliku štetu u radu. Stoga bi korisnici trebalo da budu upoznati sa načinom na koji cloud servis provajderi upravljaju platformama (Carlin and Curan, 2011).

Infrastruktura-kao-Servis (IaaS, Infrastructure-as-a-Service)

IaaS model je sličan modelu računarstva u vidu usluge (*utility computing*) koji se zasniva na ideji da se računarske usluge nude na isti način kao komunalne usluge (*utilities*). To znači da korisnik plaća usluge koje zaista i koristi, kao što su: utrošena procesorska snaga, prostor za skladištenje na disku, fizički računarski resursi, lokacija, *backup*, i dr.

IaaS je model koji se najčešće povezuje sa pojmom *cloud computing*-a i odnosi se na *online* servise koji korisnika oslobađaju brige o detaljima o infrastrukturi. U slučaju CC, provajder u potpunosti ima kontrolu nad infrastrukturom. S druge strane, korisnici računarstva u vidu usluge sami traže servis koji će im omogućiti da upravljaju *online* uslugama; pri tome koriste i plaćaju resurse cloud servis provajdera.

Bitna karakteristika IaaS modela, pored već pomenutih, kao što su skalabilnost i plaćanje na bazi ostvarene potrošnje, je najbolje-od-tehnologije i resursa (*best-of-breed technology and resources*), što korisnicima omogućava pristup najboljim tehnološkim rešenjima za deo ukupne cene koštanja (Choo, 2010).

Među velikim brojem tehnologija koje pokreću *cloud computing*, najvažnija je virtuelizacija, kao osnova za IaaS. Virtuelizacija je omogućila odvajanje aplikacija od servera, njihovu mobilnost i fleksibilnost u alociraju resursa. Drugim rečima, korišćenjem virtuelizacije, aplikacije se ne vezuju za hardver i mogu se slobodnije prenositi sa servera na server i iz jednog centra za obradu podataka u drugi.

Danas postoje različite forme virtuelizacije, uključujući virtuelizaciju operativnog sistema (*VMware, Xen*), virtuelizaciju skladištenja (*NAS – Network Attached Storage, SAN – Storage Area Network*) i virtuelizaciju aplikacija ili softvera (*Apache Tomcat, JBoss, Oracle App Server, WebSphere*) (Mather et al., 2009).

Za primer se može uzeti virtuelizacija operativnog sistema. Savremena virtuelizacija dozvoljava pokretanje više instanci operativnih sistema na jednom računaru. Ovi operativni sistemi dele resurse zajedničkog hardvera. Kontrola nad hardverom je prepuštena softveru koji se bavi pristupima procesoru, memoriji, ulazno-izlaznim operacijama, hard diskovima i mrežnim hardverom.

Virtuelizacija je tako, na sebi svojstven način, pomirila dve krajnosti u pogledu organizacije IT sistema – centralizovan sistem naspram decentralizovanog. Umesto da se nabavljaju novi računari sa savremenim perifernim uređajima, korišćenjem virtuelizacije u upotrebu se stavlja centralni hardver na sloju

ispod virtuelnih mašina i na taj način se obavlja centralizacija čitavog sistema. Osnovna korist od ovoga jeste to što takva celina sada može mnogo lakše da se održava. Potrebno je samo na jednom računaru instalirati sigurnosne zakrpe, nove verzije aplikacija ili dodatne alate i svi korisnici sistema preko virtuelnih mašina imaju iste uslove za rad (Đekić, 2008).

Jednostavno rečeno, sistem za virtuelizaciju jedan računar pretvara u višestruki računar na kome se istovremeno izvršava više operativnih sistema. Na taj način se korisniku čini da se svaki od tih operativnih sistema i programa na njima izvršava na nezavisnom računaru. Upravo to omogućuje oblaku opsluživanje više korisnika istovremeno. Naravno, svakom od tih operativnih sistema, odnosno njihovim korisnicima, čini se da je računar samo njihov, tj. nisu svesni ostalih operativnih sistema (Nick et al., 2010). Slika 2 pokazuje nadležnosti provajdera i korisnika kod različitih vrsta servisa u oblaku.

Rešenja van oblaka	Infrastruktura kao servis	Platforma kao servis	Softver kao servis
Aplikacija	Aplikacija	Aplikacija	Aplikacija
Podaci	Podaci	Podaci	Podaci
Izvršavanje	Izvršavanje	Izvršavanje	Izvršavanje
Razvojno okruženje	Razvojno okruženje	Razvojno okruženje	Razvojno okruženje
Operativni sistem	Operativni sistem	Operativni sistem	Operativni sistem
Server	Server	Server	Server
Disk	Disk	Disk	Disk
Mrežna infrastruktura	Mrežna infrastruktura	Mrežna infrastruktura	Mrežna infrastruktura

Slika 2 – Nadležnosti provajdera i korisnika kod različitih vrsta servisa u oblaku
Figure 2 – Competences of providers and users for different services in the cloud

Hardverske platforme sa tehnikom *load balancing* se često koriste za sprovođenje nastavka servisa nakon ispada jedne ili više komponenti. Komponente se prate kontinuirano i kada nema odziva neke komponente onda se o tome obaveštava *load balancer* i više se ne šalje saobraćaj ka toj komponenti. Očuvanje energije i resursa nisu uvek centralno mesto kada se govori o CC, ali sa pravilnim balansom opterećenja potrošnja resursa može da bude svedena na minimum. Ovaj postupak ne služi samo da održi troškove nižim i organizacije više „zelenim“, već i za to da komponente platforme budu dugotrajnije. Tehnika *load balancing* takođe omogućuje i druge važne funkcije kao što je skalabilnost.

U slučaju *IaaS* modela, korisničke aplikacije i platforma na kojoj se pokreću rade na virtuelnim korisničkim serverima; instaliraju ih i njima upravljaju sami korisnici. To znači da korisnici snose punu odgovornost za bezbednost aplikacija smeštenih u oblaku, pa ne bi trebalo da očekuju pomoć u obezbeđivanju aplikacija od strane *cloud* servis provajdera, osim dobijanja osnovnih smernica i upoznavanja sa karakteristikama zaštitnog zida koje mogu da utiču na komunikaciju korisničkih aplikacija sa drugim aplikacijama, korisnicima i uslugama, u okviru ili izvan oblaka.

Web aplikacije moraju biti projektovane tako da poseduju standardne bezbednosne mere protiv uobičajenih pretnji koje sa sobom nosi korišćenje interneta. Korisnici su isključivo odgovorni za čuvanje svojih aplikacija, postavljanje sigurnosnih mera i zaštitu sistema od malicioznih programa i hakera koji pokušavaju da neovlašćeno pristupe njihovim podacima smeštenim u oblaku (Mather et al., 2009).

Modeli oblaka

Kao što je ranije napomenuto, termin 'oblak' je metafora za internet i predstavlja pojednostavljeni prikaz složenih, međusobno povezanih uređaja i veza koje čine internet. Javni i privatni (drugi naziv: eksterni i interni) oblaci su delovi interneta i definišu se (ili, bolje rečeno, razlikuju se) na osnovu veze koju formiraju sa nekom organizacijom.

Javni oblaci

Javni (eksterni) oblaci opisuju se na tradicionalni način, što podrazumeva samoposluživanje resursima preko interneta, pomoću *web* aplikacija ili *web* servisa, a koje pruža i naplaćuje treća strana, odnosno *cloud* servis provajder.

Javni oblak hostuje treća strana, tj. *cloud* servis provajder; on takođe rukovodi i upravlja oblakom. Usluge oblaka su dostupne brojnim korisnicima preko zajedničke infrastrukture.

U slučaju javnog oblaka, upravljanje bezbednošću je prepušteno trećem licu, tj. *cloud* servis provajderu, koji je odgovoran za ponudu servisa u javnom oblaku. Samim tim, korisnici servisa javnog oblaka imaju niži stepen kontrole i nadzora nad fizičkim i logičkim bezbednosnim aspektima javnog oblaka (Choo, 2010).

Privatni oblaci

Privatni (intemi) oblaci predstavljaju verziju *cloud computing*-a na privatnim mrežama; donose izvesne prednosti CC bez klopki, kapitalizacije bezbednosti podataka i briga oko pouzdanosti uopšte (Nick et al., 2010).

Organizacije na početku moraju da kupe, izgrade i upravljaju oblaci-ma, pa stoga ne dolazi do smanjenja početnih kapitalnih troškova i potrebnih obučeni kadrova. Vlasnik privatnog oblaka (institucija, kompanija) čiji su korisnici npr. zaposleni je odgovaran za upravljanje oblakom.

Privatni oblaci se razlikuju od javnih po tome što se mrežna i računarska infrastruktura dodeljuju samo jednoj organizaciji – nije deljena među većim brojem organizacija (postoji samo jedan korisnik oblaka).

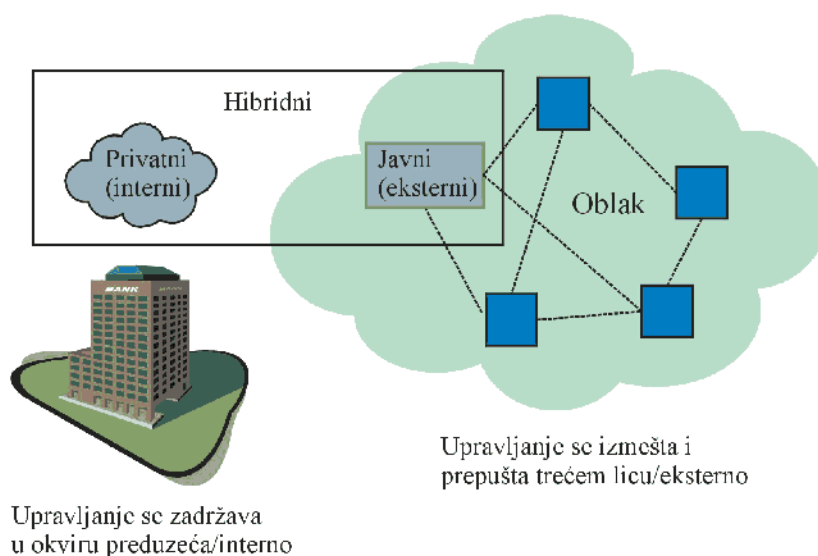
U slučaju privatnog oblaka, upravljanje bezbednošću je posao internog IT odeljenja organizacije. To znači da korisnici privatnog oblaka imaju visoki stepen kontrole i nadzora nad fizičkim i logičkim bezbednosnim aspektima infrastrukture privatnog oblaka. Sa tako visokim stepenom kontrole i transparentnosti, korisnicima je lakše da rade u skladu sa ustanovljenim korporativnim bezbednosnim i regulatomim standardima (Sangroya, 2010).

Tehnički standardi za povezivanje različitih računarskih sistema i delova softvera potrebnih za rad CC još uvek nisu u potpunosti definisani, što može usporiti razvoj novih usluga. Za probojem širokopojsnog pristupa internetu u Sjedinjenim Američkim Državama zaostaju mnoge zemlje u Evropi i Aziji, a bez brzih konekcija, posebno bežičnih, *cloud computing* neće biti široko dostupan.

Primer za privatni oblak bi bio *Amazonov* servis *Elastic Compute Cloud (EC2)*. *EC2* je web servis koji omogućuje skalabilnu realizaciju aplikacija obezbeđivanjem interfejsa preko kojeg korisnici mogu da kreiraju virtuelne mašine tj. instance servera, i na njih postave bilo koji softver. Korisnici mogu da kreiraju, pokreću i terminiraju instance servera prema potrebi, plaćajući po satu za aktivne servere. Jednostavnije rečeno, korisnici plaćaju pristup virtuelnim računarima. Na primer, korisnik može iznajmiti virtuelni računar s operativnim sistemom *Windows* i udaljeno se spajati na njega pomoću protokola poput *SSH (Secure Shell)*. Pri tome, korisnik ima opciju određivanja početnih resursa za virtuelni računar i može ih menjati po potrebi. Osim toga, *EC2* može da sarađuje sa *Amazonovim* web servisima koji pružaju dodatni memorijski prostor i relacijske baze podataka.

Hibridni oblaci

Hibridno okruženje čini više javnih i/ili privatnih oblaka. Hibridni oblaci su projektovani tako da zadovolje specifične poslovne i tehnološke zahteve, pomažući optimizaciju bezbednosti i privatnosti uz smanjene IT investicije. Hibridni oblaci organizacijama pruža mogućnost da manje osetljive (*non-core*) aplikacije pokreću unutar javnog oblaka, a da osetljive (*core*) aplikacije i podatke zadrže unutar privatnog oblaka (Choo, 2010), što je pokazano na Slici 3.



Slika 3 – Hibridni oblak (Choo, 2010)
Figure 3 – Hybrid cloud (Choo, 2010)

Budući da hibridni oblak predstavlja kombinaciju javnih i privatnih oblaka, kod njega se pokušava da se izbegnu ograničenja oba pristupa. Kod hibridnog oblaka deo infrastrukture servisa se nalazi u privatnom oblaku, a deo u javnom oblaku. Hibridni oblaci pružaju veću fleksibilnost nego privatni i javni oblaci ponaosob. Obezbeđuju bolju kontrolu i bezbednost aplikacija u poređenju sa javnim oblacima, zadržavajući pri tome mogućnost ekspanzije i kontrakcije servisa na zahtev. Sa druge strane, projektovanje hibridnog oblaka zahteva pažljivi kompromis između komponentata privatnog i javnog oblaka.

Primer za hibridnu mrežu bi bila platforma *Aneka* za razvoj distribuiranih aplikacija u oblaku, kroz implementaciju *PaaS* modela (Vecchiola et al, 2009). Ključna osobina *Aneka* sistema je servisno orijentisano okruženje koje koristi i fizičku i virtuelnu infrastrukturu i omogućava izvršenje aplikacija razvijenih u različitim modelima. Administratori sistema mogu da pristupe kolekciji alata koja se nalazi u javnom oblaku dostupnom preko interneta, ili u privatnim oblacima koji čine niz čvorova sa ograničenim pristupom u okvi-

ru intraneta neke organizacije. Imajući to u vidu, sa istog računara se može pristupati spoljnim i unutrašnjim resursima. Navedene osobine *Aneka* sistema čine ga interesantnim za obrazovne, akademske i vojne primene.

Pregled postojećih vojnih primena cloud computing-a

Cloud computing okruženje može biti iskorišćeno u vojnim primenama. NATO (*North Atlantic Treaty Organization*) pakt je razvio *PaaS* platformu pod imenom *Snow Leopard Cloud* za razne vojne vežbe, kao i mirovne misije (Cayirci et al, 2009). Navedena platforma koristi web 2.0 aplikacije, videokonferenciju, govor preko internet protokola (*Voice over IP*), kao i upravljanje na daljinu preko ručnih uređaja i terminala. Oblak *Snow Leopard* je usmeren prema vojnim primenama i zbog toga ima višenivovsku bezbednost, kao i kriptovanu infrastrukturu mreže. Visoka privatnost i bezbednosni standardi se primenjuju koristeći pristup *single-sign-on*, gde korisnici moraju da se uloguju da bi pristupili različitim servisima.

Druga vojna primena CC bila bi u oblasti regrutacije. Američka armija je počela da koristi CC da bi poboljšala proces regrutacije novih kadeta (Wyld, 2009). Pri tome se kombinuju *cloud computing* rešenja sa društvenim mrežama preko mobilnih uređaja, kako bi se izašlo u susret novim generacijama. Osim toga, CC pristup se upotrebljava i kako bi se javnost što bolje informisala o armiji. Korišćenje *SaaS* modela je omogućilo američkoj armiji da radikalno izmeni svoj pristup naporima pri regrutaciji na efikasan način, koji uz to i umanjuje troškove. Aplikacija u oblaku je dramatično smanjila troškove hardvera. Procenjuje se da je korišćenje *SaaS* modela znatno jeftinije od izgradnje nove platforme u tu svrhu i da okvirno iznosi 54.000\$ godišnje. Nasuprot tome, izgradnja tradicionalnog sistema bi koštala desetak puta više. *SaaS* model je pokazao dobre performanse u pogledu skalabilnosti, kao i znatno kraćeg vremena potrebnog za poboljšanje sistema. Sa novim CC sistemom, regrutima je omogućeno da budu dinamički povezani sa ostalim učesnicima bilo gde i bilo kada koristeći pri tome savremene mobilne uređaje.

Bezbednost-kao-Servis

U ovom poglavlju biće reči o bezbednosti koja se pruža u vidu usluge, tj. kao jedan od modela isporuke *cloud* servisa. Slično kao Softver-kao-Servis, i model isporuke *cloud* servisa Bezbednost-kao-Servis (*Security-as-a-Service, BkS*) se dostavlja korisnicima na bazi pretplate.

Postoje tri podsticaja za razvoj Bezbednosti-kao-Servisa. Najraniji pokretač je, sada već više od decenije star, *spam*, tj. neželjena pošta. Još

1999. godine kompanija *Postini* ponudila je uslugu filtriranja *e-mail*-ova, koju danas nude brojne kompanije i internet servis provajderi (<http://googleblog.blogspot.com/2007/09/weve-officially-acquired-postini.html>).

Drugog pokretača za razvoj Bezbednosti-kao-Servisa predstavljaju servisi za upravljanje bezbednošću (*MSS, Managed Security Services*). Podsticaj za korišćenje *MSS*-a bio je (i još uvek je) isti kao i za upotrebu *CC*: sniženi troškovi u odnosu na kućna rešenja, usled korišćenja zajedničkih resursa. Takođe, *MSS* model je probio neformalnu, ali snažnu barijeru izmeštanja (*outsourcing*) delova informaciono-bezbednosnog programa neke organizacije. U ovom slučaju, izmeštanje podrazumeva upravljanje uređajima izvan same organizacije (*off-premises*). Treba napomenuti da, iako izmeštanje informacione bezbednosti često postoji kao opcija, u početku se koristilo samo izmeštanje u okviru organizacije (*outsourcing on-premises*), tj. izmeštanje u drugu prostoriju u okviru istog objekta, za razliku od izmeštanja van samog objekta (*off-premises*).

Iako je upravljanje bezbednošću izmešteno u *MSS* modelu, odgovornost za bezbednost ostaje na strani korisnika. Korisnik je taj koji je odgovoran za upravljanje i nadgledanje *MSS*-a; korisnik takođe određuje koji će propisi biti sprovedeni. Provajder *MSS*-a nadgleda i upravlja uređajima (npr. *firewall* – zaštitnim zidom) i protokom podataka (npr. filtriranjem *e-mail*-ova); međutim, ti uređaji pripadaju korisniku. Kao rezultat toga, uštede i efikasnost se mogu povećati samo do određene granice. Iako je *MSS* servis na bazi pretplate (što je operativni trošak), korisnik nije oslobođen kapitalnog troška kupovine hardvera. U slučaju *cloud computing*-a, kapitalni trošak je još više umanjen zato što je posedovanje najvećeg broja uređaja, njihovo nadgledanje i upravljanje odgovornost *BkS* provajdera.

Treći pokretač za razvoj Bezbednosti-kao-Servisa predstavlja opadanje organizacione efikasnosti u pokušaju pružanja bezbednosti direktno na krajnjim tačkama (*endpoints*). Ne samo da dolazi do umnožavanja ovih tačaka, već imaju veliki broj konfiguracionih promenljivih, pa IT odeljenja ne uspevaju da njima efikasno upravljaju. Pored toga, mnoge od ovih krajnjih tačaka su mobilne, što rešavanje problema konfiguracije i ažuriranja bezbednosnog softvera čini obimnim i teškim zadatkom (Benoit, 2009).

Zbog svega navedenog, kao i zbog eksplozivnog rasta malicioznih programa, zaštita krajnjih tačaka na krajnjim tačkama (*endpoints on the endpoints*) predstavlja rastući problem. Na primer, *Symantec* je 2008. godine otkrio 1.656.277 malicioznih pretnji (CloudAV, 2009). Ovo je dovelo do promene u razmišljanju o tome kako zaštititi krajnje tačke. Umesto nadgledanja i upravljanja samim krajnjim tačkama, čišćenje saobraćaja se može obaviti u oblastima od oblaka do krajnjih tačaka i obrnuto.

Pokazalo se da antivirus baziran na oblaku (*cloud-based antivirus*) pruža 35% bolju detekciju pretnji od antivirusa baziranog na krajnjim tačkama, kao i ukupnu stopu otkrivanja od 98%, što su značajno bolji rezultati (Mather et al, 2009).

Usluge za poboljšanje bezbednosti informacija

Današnja ponuda u *BkS* segmentu uključuje više usluga za poboljšanje informacione bezbednosti: filtriranje *e-mail*-ova (uključujući *backup* i arhiviranje), filtriranje *web* sadržaja i upravljanje ranjivošću (*vulnerability management*).

Filtriranje e-mail-ova

Ova usluga pre svega podrazumeva čišćenje neželjene pošte, *phishing e-mail*-ova i malicioznih kodova; pri tome se *anti-malware* pokreće u oblaku a ne direktno na krajnjim tačkama. Ovaj servis čišćenja u oblaku (*cleansing-in-the-cloud service*) za posledicu ima brojne prednosti: smanjeno opterećenje *e-mail* servera i poboljšanje efikasnosti *anti-malware* softvera.

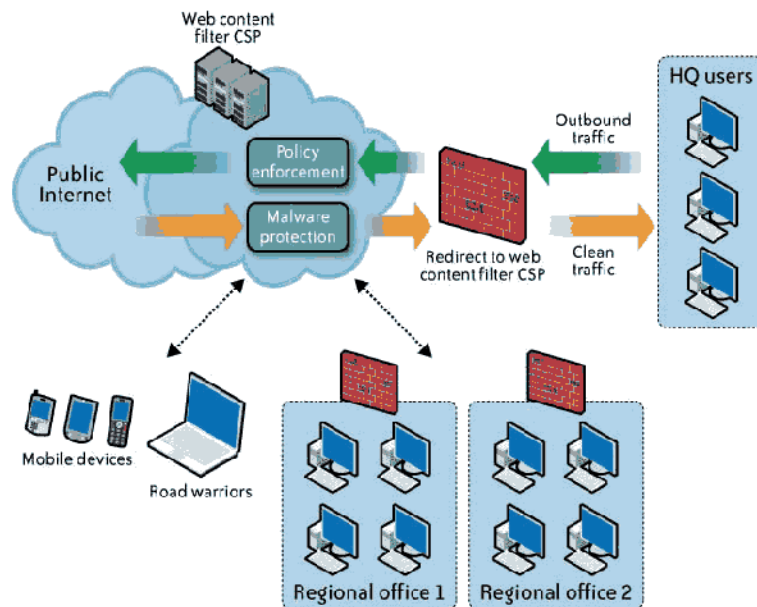
Iako je najviše pažnje usmereno na dolazne *e-mail*-ove, ova usluga se koristi i za filtriranje odlazne pošte. Mnoge organizacije žele da se osiguraju od nenamernog slanja zaraženih *e-mail*-ova, pa čišćenje odlazne pošte predstavlja dobar način za sprečavanje takvih problema i nelagodnosti koje nose sa sobom.

Filtriranje *e-mail*-ova uključuje *backup* i arhiviranje, što podrazumeva skladištenje i indeksiranje pošte koja se smešta u centralnu bazu. To dalje organizaciji omogućava pretraživanje po brojnim parametrima, kao što su datum, primalac, pošiljalac, tema i sadržaj (Mather et al, 2009).

Filtriranje web sadržaja

Dok krajnje tačke organizacije pokušavaju da preuzmu saobraćaj, taj saobraćaj se preusmerava ka *BkS* provajderu koji traži i uklanja maliciozne pretnje i osigurava da se samo čist saobraćaj isporučuje krajnjim korisnicima. Organizacije takođe imaju mogućnost da regulišu *web* sadržaj dopuštanjem ili blokiranjem određenih sadržaja. Zbog velikog broja sajtova dostupnih danas, ranija rešenja zasnovana na *URL* (*Uniform Resource Locator*) filtriranju postala su krajnje neefikasna. *BkS* provajderi dopunjuju *URL* filtriranje ispitivanjem *HTTP* zaglavlja informacija, sadržaja stranica i ugrađenih veza (*embedded links*) radi boljeg razumevanja *web* sadržaja.

Filtriranje *web* sadržaja uključuje i pretraživanje odlaznog saobraćaja radi otkrivanja osetljivih informacija, kao što su informacije o kreditnim karticama ili intelektualnoj svojini, koje korisnici mogu da pošalju bez odgovarajuće autorizacije (zaštita od curenja podataka) (Mather et al, 2009). Slika 4 ilustruje filtriranje *web* sadržaja.



Slika 4 – Filtriranje web sadržaja u BkS modelu (Mather et al, 2009)
Figure 4 – Filtering of the web content in the BkS model (Mather et al, 2009)

Upravljanje ranjivošću sistema

Sa porastom kompleksnosti organizacije i njihovim povećanim prisustvom na internetu, osiguravanje bezbednih konfiguracija i funkcionisanja sistema koje obuhvataju, postalo je teže i značajnije. Postoje BkS provajderi koji otkrivaju, određuju prioritet i procenjuju ranjivost sistema, a potom izveštavaju o tim ranjivostima, uklanjaju ih i vrše sigurnosnu proveru sistema.

Današnja ponuda Bezbednosti-kao-Servisa ne samo da je održiva, već je u velikoj meri razvijena. Usluge filtriranja *e-mail-ova* i *web* sadržaja postoje već nekoliko godina i metode za pružanje tih usluga su razvijene, a i novije usluge se unapređuju. Ipak, nijedan *cloud* servis provajder još uvek nije uvrstio Bezbednost-kao-Servis u ponudu svojih usluga; provajderi ga još uvek isporučuju putem oblaka specijalizovanih samo za pružanje bezbednosti.

Verovatno je da će u budućnosti doći do značajnog rasta Bezbednosti-kao-Servisa iz dva razloga. Prvo, trend izmeštanja informacione bezbednosti će se najverovatnije nastaviti. Ono što je počelo sa filtriranjem *e-mail-ova* i upravljanjem bezbednosnim servisima će se proširiti, jer će organizacije nastaviti da traže načine smanjenja kapitalnih troškova i sve će se više koncentrisati na svoju osnovnu delatnost. Drugo, postoje i drugi bezbednosni zahtevi, čije će se potrebe i složenost razvijati sa usvajanjem koncepta *cloud computing-a*. Ta dodatna složenost će u još većoj meri podsticati razvoj Bezbednosti-kao-Servisa.

Konkretno, te dodatne bezbednosne zahteve predstavljaju dva proaktivna i dva reaktivna načina zaštite. Proaktivni načini zaštite bitni za razvoj CC su upravljanje identitetom i upravljanje ključevima (prilikom kriptovanja). Za *cloud computing* je potreban značajni napredak na oba ova polja, što će potencijalna rešenja učiniti veoma dragocnim. Reaktivni načini zaštite bili bi skalabilni i efektivni sistem za upravljanje sigurnosnim incidentima i događajima (*Security Incident and Event Management, SIEM*) i prevencija odliva podataka (*Data Loss Prevention, DLP*). Realizacija ovih rešenja će biti teška i zahtevaće složenost koja će morati da bude skalabilna a ipak jednostavna za upotrebu. S druge strane, sve ove potrebe predstavljaju značajne mogućnosti za proizvođače, kao i za usvajanje i razvoj CC (Urošević, 2011).

Zaključak

Treba imati na umu da *cloud computing* menja postojeće modele poslovanja. Posmatrano iz perspektive informacione bezbednosti, najveća promena koju donosi CC je prikupljanje zajedničkih resursa više korisnika na centralizovanoj lokaciji. Ta promena za posledicu ima pomeranje granica poverenja; gde se tačno te granice nalaze još uvek nije jasno. Granice poverenja su različite za svaki od *SPI* modela (*Softver-kao-Servis*, *Platforma-kao-Servis* i *Infrastruktura-kao-Servis*); pa čak i u okviru svakog od tih modela granice se razlikuju u zavisnosti od *cloud* servis provajdera.

Nivo bezbednosti koji pruža *cloud* servis provajder zavisi i od perspektive iz koje se posmatra. Na primer, profesionalcima IT sektora jedne velike i razvijene organizacije nivo bezbednosti u CC može biti neprihvatljiv u poređenju sa trenutnim položajem. S druge strane, nivo bezbednosti koji pruža *cloud computing* maloj ili srednjoj organizaciji ili njenom delu može biti prihvatljiv, pa čak i veći u odnosu na trenutno stanje.

Za dalji razvoj CC potreban je veći uvid u rad *cloud* servis provajdera, odnosno transparentnost u vezi načina na koji se brinu o bezbednosti. Ipak, to samo po sebi nije dovoljno za povećanje nivoa bezbednosti; potrebna su i značajna poboljšanja tehnologije bezbednosti u vidu proaktivne i reaktivne zaštite.

Moguće vojne primene CC bile bi u vojnim vežbama, mirovnim misijama, upravljanju na daljinu, kao i oblasti regrutacije kadeta.

Što se tiče nadgledanja bezbednosti, tehnologije sistema za upravljanje sigurnosnim incidentima i događajima su jedva u stanju da zadovolje današnje potrebe velikih organizacija. Naprosto nije realno očekivati da će postojeća rešenja biti u stanju da zadovolje potrebe oblaka. Korisnici već sada zahtevaju prenosivost, a uskoro će zahtevati upotrebu više oblaka istovremeno. Ta potražnja za simultanim korišćenjem većeg broja oblaka će u potpunosti promeniti današnji pristup nadgledanju bezbednosti.

Sa porastom količine podataka uskladištenih u javnim oblacima, korisnici će zahtevati veće angažovanje *cloud* servis provajdera u cilju zaštite tih poda-

taka. Velike organizacije će ulagati sopstvene napore u osiguravanje prevencije odliva podataka i zahtevaće to isto od *cloud* servis provajdera. Doći će do obimnijih transfera podataka i povećanja obima kriptovanog saobraćaja; veliko je pitanje da li će se današnja rešenja pokazati delotvornim u CC okruženju.

Nedostaci postojeće tehnologije informacione bezbednosti ukazuju na verovatnoću da će veliki broj korisnika biti nezadovoljan naporima koje *cloud* servis provajderi ulažu u osiguravanje bezbednosti, ali istovremeno označavaju priliku za razvoj novih tehnologija i rešenja.

Cloud computing predstavlja novi model, još uvek uglavnom nepoznat i mali broj korisnika ga razume u dovoljnoj meri za donošenje odgovarajuće procene. Realna pitanja bezbednosti postoje, bez ikakve sumnje. Ipak, bolje razumevanje, veća transparentnost i poboljšanje tehnologija dovešće do toga da brige oko bezbednosti u CC izblede i postanu deo prošlosti.

Literatura

Benoit, April 2009, *Trends for 2008*, Symantec's Global Internet Security Threat Report, Vol. XIV, p.10.

Caceres, J., Vaquero, L., Polo, A., 2010, Service Scalability over the Cloud', *Handbook of Cloud Computing*, Springer, USA, pp. 357–377.

Carlin, S., Curran, K., January-March 2011, Cloud Computing Security, *International Journal of Ambient Computing and Intelligence*, UK, pp.14–19.

Cayirci, E. et al., 2009, Snow leopard cloud: a multi-national education training and experimentation cloud and its security challenges, *Cloud Computing*, pp. 57–68.

CloudAV: N-Version Antivirus in the Network Cloud, USENIX Conference, San Jose, California, July 2008.

Choo, K. K.R., 2010, Cloud computing: Challenges and future directions, *Trends&issues in crime and criminal justice*, No.400, Australian Institute of Criminology, Australia, pp.1–6.

Đekić, M., Za bolje iskorišćenje, *Svet kompjutera*, dostupno na:

<http://www.sk.rs/2008/04/skse01.html>.

Mather, T., Kumaraswamy, S., Latif, S., 2009, *Cloud Security and Privacy*, First edition, O'Reilly, USA.

Nick, J., Cohen, D., Kaliski, B., 2010, Key enabling Technologies for Virtual Private Clouds, *Handbook of Cloud Computing*, Springer, USA, pp. 47–63.

Sangroya, A., 2010, Towards Analyzing Data Security Risks in Cloud Computing Environments, pp. 255–265, *ICISTM 2010*, Germany.

Urošević, V., 2011, Visokotehnoški kriminal u cloud computing okruženju – rizici i pretnje, str. 8–13, *Konferencija o bezbednosti informacija BISEC 2011*, Beograd, Srbija, juni 2011.

Vecchiola, C., Xingchen C., Rajkumar, B., 2009, Aneka: a software platform for. NET-based cloud computing, *High Speed and Large Scale Scientific Computing*, pp. 267–295.

Wyld, D., 2009, *Moving to the cloud: an introduction to cloud computing in government*, IBM Center for the business of government.

<http://googleblog.blogspot.com/2007/09/weve-officially-acquired-postini.html>, preuzeto: 14. 09. 2012.

SECURITY ISSUES OF CLOUD COMPUTING ENVIRONMENT
IN POSSIBLE MILITARY APPLICATIONSFIELD: Computer Sciences, Telecommunications, Information Technology
ARTICLE TYPE: Professional Paper*Summary:*

The evolution of cloud computing over the past few years is potentially one of major advances in the history of computing and telecommunications. Although there are many benefits of adopting cloud computing, there are also some significant barriers to adoption, security issues being the most important of them. This paper introduces the concept of cloud computing; looks at relevant technologies in cloud computing; takes into account cloud deployment models and some military applications. Additionally, Security-as-a-Service is specially considered because of its importance in the military applications.

Cloud computing (CC) is such a combination of computer hardware, software, online services and expertise networked by high-speed Internet connections. What is more, cloud computing is a model of using computing resources (servers, disks, operating systems and applications) where these resources are rented and not bought. The consequence of this approach is that users pay only as many resources as they actually have used (pay-as-you-go), so they do not need to take care about either hardware procurement and its installation, or software (operating system and applications) maintenance.

Most of the cloud computing architecture used nowadays includes public cloud computing networks for providing services through the Internet, such as Google Search, Microsoft Hotmail or Google AdSense. Large service providers, together with typical pioneers in adopting new technologies such as financial services and pharmaceutical companies, also apply the architecture of CC in the implementation of private cloud networks protected by firewalls. This mode of use is still in its early stages and is expected to achieve further growth in the corporate database virtualization technologies that are now being introduced.

The framework used to describe cloud computing services is known as the acronym SPI (Software Platform Infrastructure) and marks the three major services provided through the clouds: Software-as-a-Service (SaaS), Platform-as-a-Service (PaaS) and Infrastructure-as-a-Service (IaaS). Traditional methods of purchasing software involve software upgrading onto hardware with paying license fees (which is capital expenditure). The user is also able to enter into any contract for maintenance and to get security patches and other services for software support at a certain price. The compatibility of operating systems and the installation of patches is the responsibility of the user.

Being a simplified representation of complex, interconnected devices and connections that form the Internet, the term 'cloud' is a metap-

hor for the Internet. Public and private (external and internal) clouds are the parts of the Internet and are defined (or, rather, they differ) based on the connections formed by institutions.

Similar to SaaS, the Security-as-a-Service cloud service model is delivered to customers on a subscription basis. In addition, SaaS is also applied in the Security-as-a-Service. There are three incentives for the development of Security-as-a-Service. The earliest driver is spam which is now more than a decade old. Another driver for the development of Security-as-a-Service is a service for managing safety (MSS, Managed Security Services). The impetus for the use of MSS was (and still is) the same as for the use of CC: reduced cost compared to home solutions due to the use of shared resources. Also, the MSS model breaks the informal but powerful barrier of displacement (outsourcing) of the parts of the information security program of an institution. In this case, displacement implies control devices outside the institution (off-premises). It should be noted that, although outsourcing IT security is often an option, initially it can only be used in the relocation of the facility (outsourcing on-premises), ie. to be moved into another room within the same building, as opposed to the relocation outside the building.

It should be taken into account that cloud computing changes the existing business models. From the perspective of information security, the biggest change brought by cloud computing is collecting shared resources of multiple users at a centralized location. This change results in a shift of confidence limits; exactly where these limits are is not clear yet. Confidence limits are different for each model of SPI (Software-as-a-Service, Platform-as-a-Service and Infrastructure-as-a-Service), even when limits vary within each of these models depending on the cloud service provider.

Keywords: clouds, computing, evolution, telecommunications.

Datum prijema članka/Paper received on: 19. 09. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 05. 12. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 08. 12. 2012.

PRIKAZI REVIEWS

15. MEĐUNARODNA KONFERENCIJA ICDQM-2012 (PRIKAZI ZBORNIKA RADOVA)

Slavko J. Pokorni, Visoka škola strukovnih studija za
informacione tehnologije, Beograd

OBLAST: menadžment, kvalitet, pouzdanost

VRSTA ČLANKA: prikaz

Sažetak:

U članku su prikazane osnovne informacije o ukupnim rezultatima, značaju, međunarodnom programskom odboru i oblastima rada ovogodišnje 15. međunarodne konferencije o upravljanju kvalitetom i pouzdanošću ICDQM-2012 i 3. međunarodne konferencije o upravljanju i inženjerstvu životnog ciklusa, koja je održana pod istim nazivom ICDQM-2012. Ovogodišnja konferencija je druga po broju radova od početka njenog održavanja. Prikazani su broj i struktura radova pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane Republike Srbije u plenarnim saopštenjima i sekcijama: inženjerstvo kvaliteta, inženjerstvo pouzdanosti, konkurentno inženjerstvo, inženjerstvo sistema i vojno inženjerstvo.

Ključne reči: kvalitet, pouzdanost, vojno inženjerstvo, konferencija, prikaz.

U Beogradu je, od 28. do 29. juna 2012. godine, u prostorijama poznate domaće kompanije iz oblasti informacionih tehnologija ComTrade, održana 15. međunarodna konferencija o upravljanju kvalitetom i pouzdanošću ICDQM-2012 (15th International Conference Dependability and Quality Management) i, istovremeno, 3. međunarodna konferencija o upravljanju i inženjerstvu životnog ciklusa (3rd Life Cycle Engineering and Management) pod istom oznakom ICQDM-2012 (ICDQM, 2012).

Organizator konferencije je, kao i do sada, DQM istraživački centar (Istraživački centar za upravljanje kvalitetom i pouzdanošću) iz Prijedora kod Čačka, čiji je osnivač akademik prof dr Ljubiša Papić, redovni član Akademije za kvalitet Ruske Federacije i dopisni član Inženjerske akademije Srbije, koji je i predsednik međunarodnog programskog odbora obe ove konferencije.

Ova konferencija je od domaće konferencije, koja je prvobitno bila posvećena održavanju tehničkih sistema, postepeno izrasla u međunarodnu naučnu konferenciju ICDQM, koja obuhvata oblasti inženjerstva kvaliteta, inženjerstva pouzdanosti, konkurentnog inženjerstva i inženjerstva sistema. Svake godine uspeva da promoviše i nove tematske konferencije. Do sada je u zbornicima ove konferencije publikovano 1642 rada (Pokorni, S., 2011).

Oblasti ICDQM konferencije su veoma interesantne i značajne i za Vojsku Srbije, pa je logično što se svake godine pojavljuje veliki broj radova pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane (MO). Već četvrtu godinu na ovoj konferenciji održava se posebna tematska celina *Vojno inženjerstvo*, što ukazuje na značaj radova i kontinuitet učešća pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane Republike Srbije, a posebno pripadnika Vojne akademije (VA) Univerziteta odbrane, koji su po pravilu najbrojniji (Pokorni, S., 2012).

Programski odbor ovogodišnje konferencije o upravljanju kvalitetom i pouzdanošću čini 29 naučnih radnika iz 8 zemalja (11 iz Srbije, 4 iz Rusije, 3 iz Velike Britanije, po 2 iz Indije, Izraela, Kanade i Španije i 1 iz SAD).

Za konferenciju o inženjerstvu životnog ciklusa, gde se radovi objavljuju na engleskom jeziku, programski odbor čini 20 članova iz 10 zemalja (Austrija 1, Bosna i Hercegovina 1, Indija 3, Izrael 2, Holandija 1, Rusija 6, Srbija 2, Španija 1, Ukrajina 1, Velika Britanija 1).

I ove godine je Komisija programskog odbora, od radova saopštenih na prošlogodišnjoj konferenciji, proglasila dva najbolja rada – iz oblasti akademskih istraživanja i iz oblasti primenjenih istraživanja u privredi. U oblasti naučnih istraživanja nagrađen je rad „Mogućnosti primene GPS tehnologije u gradskim komunalnim sistemima“, čiji su autori *Gordana Radivojević, Bratislav Lazić, Gordana Šormaz i Bojana Tasić*, iz Instituta Mihajlo Pupin iz Beograda. U oblasti primenjenih istraživanja nagrađen je rad „Sanacija prsline na segmentima pogonskog točka bagera ERS 1000%20 – vedričar“ čiji je autor *Mladen Tošanić* iz RB Kolubara iz Lazarevca.

Za konferenciju su štampana dva zbornika radova, što je podvig organizatora ovog simpozijuma, jer većina drugih više ne štampa zbornik radova, već ih radi samo na CD-u. Naravno, i ovde su radovi i na CD-u. U zbornicima ima ukupno 155 radova, autora iz 6 zemalja, a to je po broju radova druga najveća konferencija od kada se održava, što je opet svojevrsan podvig, pogotovo u ovoj kriznoj godini. To ukazuje da autori ne zapostavljaju publikovanje rezultata svojih istraživanja.

U zborniku radova „15th DQM International Conference Dependability and Quality Management ICDM-2012“ (na srpskom jeziku) objavljeno je 105 radova (prošle godine 100), i to 4 plenarna saopštenja, 39 radova u sekciji inženjerstvo kvaliteta (Quality Engineering), 12 u sekciji inženjerstvo pouzdanosti (Reliability Engineering), 27 u sekciji konkurentno inženjerstvo (Concurrent Engineering), 16 u sekciji inženjerstvo sistema (Systems Engineering), 6 u sekciji vojno inženjerstvo (prošle godine takođe 6, prethodne 18) i 1 u sekciji neprekidno unapređenje kvaliteta.

U zborniku radova „3rd DQM International Conference Life Cycle Engineering and Management“ (na engleskom jeziku) objavljeno je 50 radova (prošle godine 41), od čega 11 plenarnih saopštenja (6 su radovi autora iz Rusije), 7 u sekciji Quality Engineering, 4 u Reliability Engineering, 17 u Concurrent Engineering, 13 u Systems Engineering i 3 u sekciji Risk and Safety Aspects of Electric-Power Smart Grids.

Zvanični jezici konferencije bili su engleski, ruski i srpski. Neki od domaćih autora su, zbog prisustva stranih autora, izlagali na ruskom ili engleskom jeziku, ili su prezentaciju pripremili na engleskom, a izlagali na srpskom, tako da su strani autori ipak mogli uspešno da prate njihova izlaganja.

Pripadnici Vojske i Ministarstva odbrane Srbije imaju ukupno 16 radova, što je za dva više od prošle godine, a skoro dvostruko manje nego prethodne, kada je bilo 28 radova, ali je na nivou prethodnih godina, kada je bilo 10 do 15 radova. I dalje je najviše autora iz Vojne akademije.

Navešćemo ukratko sadržaj radova pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane Republike Srbije, po tematskim oblastima konferencije, redosledom kako su dati u zborniku radova, koji je štampan pre održavanja konferencije.

Pripadnici Vojske i Ministarstva Republike Srbije ove godine su napisali jedan rad na engleskom jeziku (prošle godine nijedan, a prethodne dva).

U klasi *plenarnih saopštenja* objavljen je jedan rad:

Sreten Perić, Univerzitet Odbrane, Vojna akademija, Beograd,
Saša Petrović, Vojska Srbije, Uprava za logistiku (J-4), Beograd

Pregled koncepcija održavanja i merenje performansi sistema održavanja

U rezimeu rada se konstatuje da je održavanje jedna od nekoliko osnovnih logističkih funkcija u vojsci i kao sistem predstavlja skup elemenata, procesa, tehnologija i informacionih zadataka za popravku bilo kakve vrste uređaja, sistema i opreme koja je van upotrebe ili je oštećena; da je cilj održavanja da se dostigne ili zadrži operativna spremnost sistema na visokom nivou uz smanjenje troškova; da je održavanje prema pouzdanosti sredstva (RCM) jedan od najkorisnijih savremenih naučnih pristupa kako upravljati održavanjem. Pored prikaza RCM, u radu se daje proces identifikacije na kom sredstvu prioritetno treba postići veću raspoloživost, ispitivanjem stabilnosti i sposobnosti sistema održavanja, identifikacijom koji podsistemi sredstva najviše doprinose neispravnosti, otkrivanjem uzroka problema (dominantni uzroci neispravnosti), a sve to posmatrajući sistem održavanja za celu grupu (istih) sredstava. Uzroci problema su osnov za konkretne predloge za poboljšanje procesa održavanja.

U tematskoj oblasti *inženjerstvo kvaliteta*, objavljena su tri rada:

Milorad Markagić, Ratimir Đokić, Milica Markagić, Vojna akademija, Beograd

Razvijanje i implementacija sistema menadžmenta kvaliteta kriptografskih sistema primenom procesnog pristupa

U radu je opisana uloga menadžmenta organizacija koje se bave razvojem kriptografskih sistema u fazi razvoja i implementacije. Uopšteno je objašnjen pojam procesnog pristupa, ciljevi i predložen opšti model daljeg unapređenja kvaliteta već implementiranog kriptografskog sistema bez detaljnijeg povezivanja sa razmatranim kriptografskim sistemom. Konstatuje se da kriptografski sistem, jednom uveden u operativnu upotrebu, neminovno mora pretrpeti nadogradnje i izmene kroz niz praktičnih provera. Zaključuje se da je kroz procesni pristup, angažovanjem menadžmenta, moguće poboljšati efikasnost i ekonomičnost jednog sistema, ali i iskoristiti pozitivna dostignuća i analizom zadovoljstva korisnika iznaći metode i postupke za kreiranje novih oblika i potpuno drugačije realizacije kriptografskih sistema.

Aleksandar Miletić, Milan Mihajlović, Vojna akademija, Beograd,
Miloš Dašić, Visoka poslovna škola strukovnih studija, Blace

Sistem podsticaja kao faktor poboljšanja inovacija

U rezimeu rada se konstatuje da je poboljšanje poslovnih performansi permanentan zahtev savremenog poslovanja i kao takav nameće pred organizacije potrebu za stalnim inoviranjem, kako procesa poslovanja, tako i same organizacije; da je sve više potrebno podsticati taj proces da bi organizacija uspešno održala trend inoviranja i poboljšala svoje performanse; da se sistem podsticaja javlja kao značajan faktor u tom procesu i da je potrebna identifikacija i razumevanje relacije podsticaji – inovacije, kako bi organizacija opstala na savremenom tržištu i uspešno poslovala.

Danko Jovanović, Uprava za logistiku Vojske Srbije, Beograd,
Slobodan Panić, Zavod za izradu novčanica NBS, Beograd,
Marko Andrejić, Vojna akademija Univerziteta odbrane, Beograd,
Velibor Jovanović, Centralna logistička baza Vojske Srbije, Beograd

Uticaji poverenja u lidere na poslovnu izvrsnost

U rezimeu rada se konstatuje da je poverenje potencijal koji može da dovede do velikog uspeha i napretka u svim oblastima života; da uticaj poverenja u lidere direktno utiče na poslovnu izvrsnost kompanija; da je poverenje veliki potencijal i mogućnost, ali i resurs koji se nedovoljno razume i u koji se premalo ulaže; da je to psihološki i sociološki fenomen koji direktno utiče na sve druge fenomene u kompaniji, a posebno na motivaciju i produktivnost.

U tematskoj oblasti *inženjerstvo pouzdanosti* objavljena su dva rada:

Olgica Lazarević, Vojislav Batinić, Srđan Mitrović, Vojna akademija, Beograd

Analiza uticaja vibracija na rukovaoca hidrauličkog bagera

Predmet istraživanja ovog rada je analiza uticaja dinamičkog ponašanja hidrauličkog bagera na rukovaoca. Sistem bagera je opisan sa šest generalisanih koordinata pomoću Langranževih jednačina druge vrste. Dobijen je matematički model sistema bagera koji predstavlja sistem od šest nelinearnih, homogenih diferencijalnih jednačina drugog reda koji je rešen korišćenjem paketa programa MATLAB. Posebna pažnja usmerena je na određivanje sopstvenih frekvencija hidrauličkog bagera i njihov uticaj na rukovaoca bagera. U proučavanju uticaja vibracija na ljudski organizam autori su pošli od štetnosti po zdravlje osobe koja je izložena uticajima različitih vibracija. U rezimeu rada se konstatuje da poznavanje ovih karakteristika obezbeđuje projektantima važnu informaciju kako bi uskladili sistem i identifikovali parametre kritične za sistem i rukovaoca sistema.

Vojkan Radonjić, Tehnički remontni zavod, Čačak,

Danko Jovanović, Vojska Srbije, Uprava za logistiku, Beograd

Održavanje radio-relejnih uređaja primenom savremene metode tehničke dijagnostike

U rezimeu rada se konstatuje da se od savremenih radio-relejnih uređaja koji se uvode u upotrebu u sistemu veza Vojske Srbije zahteva maksimalna efektivnost, raspoloživost i gotovost, te da doprinos tome daje nov pristup i način realizacije tehnologija održavanja radio-relejnih uređaja primenom metode tehničke dijagnostike kao naučno-tehničke discipline koja prepoznaje tehničko stanje ispravnosti uređaja i može se efikasno koristiti u funkciji održavanja. U radu je prikazana primena metode tehničke dijagnostike na primeru merenja test-stanicom grupe A, koja omogućava automatizovan način dobijanja svih relevantnih podataka o tehničkoj ispravnosti jednog nabavljenog inostranog uređaja.

U tematskoj oblasti *konkurentno inženjerstvo* objavljena su tri rada:

Snežana Krstić, Vojna akademija, Univerzitet odbrane, Beograd,

Slobodan Andžić, Beogradska poslovna škola, Beograd,

Ilija Galjak, Visoka škola za poslovnu ekonomiju i preduzetništvo, Beograd

Emisiona aktivnost privilegovane Narodne banke Kraljevine Srbije

U rezimeu rada se konstatuje da je izdavanje novčanica bio jedan od najznačajnijih pasivnih poslova kojima se privilegovana Narodna banka bavila. Ta bančina povlastica bila je izražena članom 7. Zakona o Narodnoj banci od 1883. godine. Narodna banka je imala široko polje rada, a svoj cilj mogla je postići samo velikim novčanim sredstvima. U radu se obrađuju poglavlja: razmenljivost novčanica za kovani novac, formiranje

podloge za emitovanje novčanica i daju tabelami podaci o optičaju novčanica sa zlatnim i srebrnim pokrićem u periodu 1884–1914. godina.

Ivan Milojević, Univerzitet za poslovne studije, Banja Luka,
Zoran Vasić, Poreska uprava MF RS, Beograd,
Ilija Kolarski, Vojna akademija, Beograd

Računovodstveno obezvređivanje komercijalne imovine javnog sektora u funkciji kvaliteta finansijskog izveštavanja

U rezimeu rada se konstatuje da se u javnom sektoru, pored sredstava namenjenih za obavljanje neprofitne delatnosti, koriste i sredstva komercijalne namene; da se s tim u vezi korisnici javnih sredstava, osim javnih preduzeća, upućuju na standarde obezvređivanja ovako predstavljenih sredstava; da prilikom procene da li postoji zakonska osnova da sredstvo bude obezvređeno, korisnik javnih sredstava, kao minimum, uzima u obzir indicije koje potiču od eksternih i internih izvora informacija; da je standard definisao da se kao nadoknadi iznos uzima veća vrednost između prodajne cene i korisne vrednosti, s tim da nije uvek neophodno utvrditi i neto prodajnu cenu sredstva i njegovu korisnu vrednost.

Snežana Krstić, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd,
Slavko Vukša, Univerzitet Alfa, Beograd,
Svetlana Ignjatijević, Privredna akademija, FIMEK, Novi Sad

Uticaji različitih ekonomskih pravaca na savremenu ekonomiju

U rezimeu rada se konstatuje da izučavanje tema koje se bave ekonomskim pojavama i zakonitostima koje vladaju u ekonomiji, kao i njenim istorijskim razvojem, predstavlja polaznu osnovu za izučavanje svih složenih pojava u savremenoj ekonomiji. U radu je dat prikaz ekonomskih pravaca i škola što, po konstataciji autora, omogućava ugrađivanje stavova i zaključaka najznačajnijih ekonomskih analitičara u modernu teoriju i privrednu praksu.

U tematskoj oblasti *inženjerstvo sistema (Systems Engineering)* objavljen je jedan rad (u zborniku na engleskom jeziku):

Dragoljub Vujić, Vojnotehnički institut, Beograd

Wireless Sensor Networks Technology in Aircraft Structural Health Monitoring

U rezimeu rada se konstatuje da se vazduhoplovna industrija suočava sa izazovom smanjenja operativnih troškova i troškova održavanja; da su jedan od mogućih načina smanjenja ovih troškova bežične senzorske mreže (wireless sensor networks); da su te mreže već našle različite primene kako za bezbednosno kritične i za bezbednosno nekritične distribu-

tivne sisteme. Rad se bavi primenom bežičnih senzorskih mreža za kontrolu stanja strukture aviona. Prikazan je jedan primer njihove primene na bazi MicroStrain senzora.

U oblasti *vojno inženjerstvo* objavljeno je šest radova pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane:

Biljana Ivanova, Novica Conić, Milan Mladenović, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

Formiranje klastera namenske industrije Srbije u funkciji povećanja konkurentnosti

U rezimeu rada se konstatuje da proces ostvarivanja konkurentne prednosti podrazumeva studiozno usavršavanje veština, investiranje u znanje, inovativne tehnologije, proizvode i procese, odgovarajuću organizacionu strukturu i marketinški prodor; da kompanije mogu da steknu konkurentsku prednost kada državna politika stvori odgovarajuće okruženje, a da je slučaju namenske industrije Srbije, koju je zatekla kriza u nedovršenom postupku tranzicije, direktno uplitanje države u ekonomske procese neminovno; da je zbog toga potrebno razmotriti odgovarajući način organizovanja svih trenutno raspoloživih potencijala u zemlji i onih van zemlje koji su zainteresovani za obnavljanje saradnje, kako bi se pojačala konkurentnost na globalnom tržištu.

Nebojša Dragović, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd,
Marko D. Andrejić, Branko Tešanović, Vojna akademija, Beograd

Funkcionisanje sistema odbrane sa aspekta primenjenog modela organizacionog dizajna

Autori rada u rezimeu, konstatuju da dalji ekonomski razvoj zemalja u tranziciji, kao i njihov položaj u savremenom međunarodnom okruženju prvenstveno zavisi od izabranog modela makroekonomske politike i utvrđenih ekonomsko-političkih strategija; da je iskustvo pokazalo da je neoliberalna makroekonomska politika pokazala svoje razorno dejstvo gotovo u svim oblastima društveno-ekonomskog sistema Republike Srbije; da je neshvatljiva institucionalna podrška politici čiji rezultati vode daljoj eroziji celokupnog društveno-ekonomskog sistema, a što najbolje prezentuju aktuelna privredna situacija i tržište rada. U osnovi rada je ukazivanje na prednosti koje u tranzicionim uslovima pruža „poboljšan“ birokratski model organizacionog dizajna, po kojem funkcioniše većina velikih sistema, uključujući i sistem odbrane.

Milan Mladenović, Novica Conić, Biljana Ivanova, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd

Poboljšanje kvaliteta ishrane u Vojsci Srbije primenom HACCP sistema

U rezimeu rada se konstatuje da je ishrana kamen temeljac života, zdravlja i razvoja čoveka; da su savremeni naučni zahtevi da se obezbedi ishrana u skladu sa principima savremene medicine, ali da ekonomske i druge prilike nalažu da se ishrana prilagodi stvarnim mogućnostima proizvodnje i nabavke hrane. Takođe, konstatuje se da je, da bi se to postiglo, potreban sistemski pristup koji će uvesti pravila ponašanja u celi lanac ishrane, od nastanka do krajnjeg potrošača.

Saša Trandafilović, Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Beograd,
Živko Kulić, Megatrend univerzitet, Fakultet za poslovne studije, Beograd,
Ilija Kajtez, Univerzitet odbrane Vojna akademija, Beograd

Socijalno zbrinjavanje profesionalnih pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije i članova njihovih porodica

U rezimeu rada autori konstatuju da suštinu upravljanja u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije čini upravljački proces kojim se obezbeđuje ostvarivanje ne samo utvrđenih ciljeva organizacije, već i ciljeva pojedinaca zaposlenih, u najvećoj mogućoj meri, u vojnoj organizaciji, a što podrazumeva poštovanje pozitivnih zakonskih i drugih utvrđenih obaveza iz oblasti radnog prava, kao i unapređenja socijalnih i statusnih pitanja profesionalnih pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije; da je za profesionalne pripadnike, u sistemu odbrane, izuzetno značajno pitanje socijalnog zbrinjavanja njihovih porodica, s obzirom na specifičnost vojne profesije i mogućnost gubitka života, odnosno trajnog invaliditeta prilikom obuke ili tokom izbijanja (i vođenja) oružanih sukoba, kao što je bio slučaj u toku i nakon raspada bivše SFRJ.

Danko Jovanović, Uprava za logistiku Vojske Srbije, Beograd,
Marko Andrejić, Vojna akademija Univerziteta odbrane, Beograd,
Velibor Jovanović, Centralna logistička baza Vojske Srbije, Beograd

Uticaj tehnologija automatske identifikacije na kreativnu primenu principa funkcionisanja sistema odbrane

U rezimeu rada se konstatuje da su informacije o stanju raspoloživih resursa u sistemu odbrane od neprocenjivog značaja prilikom realizacije zadataka vojne logistike u toku obezbeđivanja svih neophodnih resursa u funkciji podrške ciljeva, planova i operacija; da primena tehnologija automatske identifikacije u sistemu odbrane podrazumeva praćenje stanja kodifikovanih stvari u meri u kojoj to žele nadležni naredbodavci; da se tehnologije automatske identifikacije (BARCODE i RFID) koriste kao nosioci oznaka sa visokim kvalitetom podataka i adekvatnog opisa materijalnih sredstava, radi obezbeđivanja ključnog nivoa vidljivosti zaliha kroz lanac snabdevanja, te da će pomoću njih i uz primenu adekvatnog informacionog sistema Ministarstvo odbrane Republike Srbije moći da uspostavi svoj sistem kodifikacije i uskladi ga sa NATO

kodifikacionim sistemom, kako bi se uspešno realizovala jedinstvena kodifikacija i klasifikacija sredstava radi njihovog jednoznačnog prepoznavanja; da će proizvođači i usluge namenske industrije, koji prolaze proceduru kodifikacije, imati mogućnost da budu ponuđeni najvećem tržištu sredstava naoružanja i vojne opreme; da u realizaciji ovog zadatka od izuzetne koristi mogu biti iskustva referentnih inostranih odbrambenih sistema.

Danko Jovanović, Uprava za logistiku Vojske Srbije, Beograd,
Velibor Jovanović, Centralna logistička baza Vojske Srbije, Beograd,
Marko Andrejić, Vojna akademija Univerziteta odbrane, Beograd

Prednosti primene RFID tehnologije u lancima snabdevanja stranih armija

Autori u rezimeu konstatuju da je RFID tehnologija našla široku primenu, kako u civilnim, tako i vojnim sistemima, sa vrlo različitim namena, a da se u narednom periodu predviđa ogroman rast njene primene; da logistika kao podrška osnovnoj delatnosti, kako Vojsci tako i poslovnim sistemima, mora pružiti uslove za stalnu optimizaciju sistema, a da RFID tehnologija to omogućava; da je RFID način prikupljanja, obrade, automatske identifikacije i arhiviranja podataka; da se najvažniji faktori informacionog sistema logistike zadovoljavaju korišćenjem ove tehnologije: podaci se uvek prikupljaju na izvoru, omogućava se automatska obrada podataka, čime mogu da se stvore uslovi i olakša podrška odlučivanju. Takođe se konstatuje da vojna primena RFID tehnologije podrazumeva praćenje stanja kodifikovanih stvari u meri u kojoj to žele nadležni naredbodavci, kao i dokumentovanje promena u poslovnim procesima. U radu je analitički obrađen način funkcionisanja ove tehnologije u stranim armijama sa osvrtom na moguće uvođenje ove tehnologije i u praksu Vojske Srbije.

Na kraju, može se konstatovati da je ove godine ukupan broj radova na ICDQM 2012 za oko 10% veći nego prethodne, dok je broj radova pripadnika Vojske i Ministarstva odbrane Republike Srbije neznatno veći. Uočava se veća međusobna saradnja autora iz raznih institucija Vojske i MO Srbije, kao i njihova saradnja sa autorima iz civilnih institucija, pa i drugih država. Većinu radova potpisuju po tri autora, a nekoliko autora radilo je čak na četiri rada. Treba dodati da su, kao i prethodnih godina, na konferenciji učestvovali i izlagali radove, uključujući i plenarna izlaganja, i nekadašnji pripadnici Vojske, koji sada rade u visokoobrazovnim institucijama u civilstvu, ali zbog obima ovog prikaza njihove radove nismo mogli predstaviti.

Literatura

Pokomi, S., 2011, 13. međunarodna konferencija ICDQM 2010, prikaz naučnog skupa, Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 59, No. 1, pp. 149–159.

Pokomi, S., 2012, 14. međunarodna konferencija ICDQM 2011 (prikaz zbornika radova), Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier, Vol. 60, No. 1, pp. 299–306.

ICDQM, 2012, 15. međunarodna konferencija Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću, 28–29. jun, Beograd, Srbija, Zbornik radova.

ICDQM, 2012, 3rd International Conference Life Cycle Engineering and Management, June 28–29, Belgrade, Serbia, Proceedings.

15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABILITY AND QUALITY MANAGEMENT ICDQM-2012 (PROCEEDINGS REVIEW)

FIELD: Management, Quality, Reliability
ARTICLE TYPE: Review

Summary:

The article presents the basic information about the overall results, significance, international programme committee and working areas of the 15th International Conference on Dependability and Quality Management ICDQM-2012 and 3rd International Conference on Life Cycle Engineering and Management, which was held under the same acronym ICDQM-2012. This year conference had the second largest number of papers since the beginning of the conference. The number and structures of papers are given as well as a review of the papers presented by the participants from the Armed Forces and the Ministry of Defense of the Republic of Serbia as plenary lectures and the papers in Sections: Quality Engineering, Reliability Engineering, Concurrent Engineering, Systems Engineering and Military Engineering.

Key words: quality, reliability, military engineering, conference, review.

Datum prijema članka/Paper received on: 11. 07. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 13. 07. 2012.

PRIKAZ 5. INTERNACIONALNE KONFERENCIJE OTEH 2012 – ODBRAMBENE TEHNOLOGIJE

Vlado P. Đurković, Univerzitet odbrane u Beogradu,
Vojna akademija, Katedra vojnomasinskog inženjerstva,
Beograd

OBLAST: vojno inženjerstvo
VRSTA ČLANKA: prikaz

Sažetak:

U članku su prikazani radovi i događanja na petoj internacionalnoj konferenciji OTEH 2012, odbrambene tehnologije, održanoj u Beogradu, u prostoru Vojnotehničkog instituta (VTI), u periodu od 18. do 19. septembra 2012. godine.

U radu su prikazane sekcije po oblastima i dat prikaz predavanja po pozivu.

Dat je i prikaz ustanova autora i koautora koji su aktivno učestvovali u radu kongresa iz R. Srbije.

Ključne reči: internacionalna konferencija OTEH 2012, Vojnotehnički institut Beograd, aerodinamika i dinamika leta, aircraft.

U periodu od 18. 9. do 19. 9. 2012. godine održana je u Beogradu u prostoru Vojnotehničkog instituta u Žarkovu, Peta međunarodna konferencija OTEH 2012 odbrambene tehnologije (5th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2012).

Kongres je organizovao Vojnotehnički institut (VTI) pod pokroviteljstvom Ministarstva odbrane Republike Srbije.

Prostrane zgrade i opremljene laboratorije sa predivnim i udobnim amfiteatrima doprineli su da se Konferencija održi u ugodnoj i opuštenoj atmosferi.

Skup je počeo obraćanjem direktora Vojnotehničkog instituta puk doc. dr Zorana Rajića.

Svečanom otvaranju prisustvovalo je preko 350 učesnika, od kojih je 73 bilo iz inostranstva. Bili su to visoki predstavnici Ministarstva odbrane i Vojske Srbije, Ministarstva prosvete i nauke, predstavnici naučnoistraživačkih i obrazovnih institucija, fabrika i zavoda odbrambene industrije, civilnih institucija i akreditovani vojni predstavnici iz 18 zemalja.

Skup su pratili brojni akreditovani predstavnici medija iz sledećih redakcija: magazina Odbrana, B92, Radio Beograda 1, FoNet-a, Infobiro-a, Beta pres-a, Svet info plus-a, Palma plus-a, RTS-a, Tanjuga, RTV Pink-a, Anadolije AA.

Skup je otvorio ministar odbrane Republike Srbije, gospodin Aleksandar Vučić.

U pauzi između sednica, drugog dana, učesnici skupa su imali priliku da obiđu Laboratoriju za raketne motore i Laboratoriju za eksperimentalnu aerodinamiku.

U okviru skupa organizovana je izložba maketa aviona Udruženja „Beogradski maketarski klub“, pod nazivom „Sto godina srpskog vojnog vazduhoplovstva“.

Na kraju skupa, u okviru ceremonije zatvaranja, prisutnima se obratio predsednik naučnog odbora dr Jovan Isaković. Uz rezime dvodnevno rada i konstataciju da je OTEH 2012 ispunio očekivanja organizatora svi učesnici su pozvani na sledeći skup OTEH 2014, koji će se održati za dve godine. Tom prilikom je dodeljena i nagrada za najbolji rad. Na osnovu odluke Naučnog veća Vojnotehničkog instituta, najbolji rad je rad pod nazivom „*An example of the side force determination in the rocket motor thrust vector system*“, dr Nikole Gligorijevića sa grupom koautora. Autoru je uručena plaketa sa znakom Vojnotehničkog instituta.

Za skup je prihvaćeno 145 radova od kojih su 32 iz inostranstva i to iz 15 zemalja: Kine, Alžira, Egipta, Turske, Velike Britanije, Italije, Francuske, Belorusije, Ukrajine, Poljske, Češke Republike, Bugarske, Slovenije, Bosne i Hercegovine i Crne Gore.

Program konferencije se realizovao kroz dva plenarna izlaganja i radni deo skupa, koji se odvijao po sednicama u četiri sale.

U okviru plenarne sednice održana su dva uvodna predavanja eminentnih stručnjaka iz inostranstva. Prvo predavanje pod nazivom „*An adaptive remeshing technique for 3d crack growth simulations*“ održao je Dr Vincent Chiaruttini (ONERA Institute, Pariz, Francuska). Drugo uvodno predavanje „*New technologies for advanced defence systems*“ održao je Dr Filippo Neri (Virtualabs Company, Rim, Italija).

Za dva dana rada održano je 15 sednica. Na njima su autori izlagali svoje radove i u okviru otvorenih diskusija odgovarali na pitanja prisutnih. Prosečan broj prisutnih na sednicama bio je oko 40.

Radovi su bili razvrstani po tematskim oblastima:

Aerodinamika i dinamika leta: 12 radova

• Vazduhoplovi: 23 rada

• Naoružanje, municija, energetske materijali, vozila: 29 radova

• Integrirani senzorski i robotski sistemi: 16 radova

• Telekomunikacioni i informacioni sistemi: 18 radova

• Materijali i tehnologije: 34 rada

• Kvalitet, standardizacija, metrologija, održavanje i eksploatacija: 11 radova

Od ukupno prijavljena 163 rada, za skup je bilo prihvaćeno 145 radova, koja su dati u elektronskoj formi prisutnim autorima i koautorima radova i gostima i zvanicama na samom kongresu. Broj učesnika sa autorima i koautorima je impozantan a iznosio je 243. Na samom kongresu su bili zastupljeni autori (bilo za plenarna predavanja ili same radove) iz 15 zemalja.

Treba istaći da je na ovoj konferenciji, za razliku od prethodne koja je održana takođe u VTI Beograd 2011. godine, bio prisutan znatno veći broj mlađih istraživača. Opšta je ocena da su na samom skupu saopšteni rezultati istraživanja, od kojih značajan broj, zaslužuju da budu publikovani u referentnim časopisima sa SCI liste.

Treba istaći da su predstavnici MO-VTI u okviru organizacionog odbora, svojim angažovanjem, doprineli sa svoje strane da skup bude ocenjen kao dobro organizovan.

Kao što je rečeno od ukupnog broja radova (145) iz inostranstva su bila 32 ili 22,06%. Time se još jednom potvrdila opravdanost konferencija ovog tipa. Ostali radovi autora i koautora su bili iz institucija iz Srbije i to:

- Ministarstvo prosvete nauke i tehnološkog razvoja,
- Vojnotehnički institut (VTI), Vojna Akademija (VA), Generalštab vojske Srbije (GŠ VS), Ministarstvo odbrane (MO), Uprava za odbrambene tehnologije (UOT), Univerzitet odbrane (UO), Vojna ustanova Dedinje, Vojni arhiv, Tehnički opitni centar (TOC), Tehnički remontni zavod Čačak (TRZ), Centralna logistička baza, Institut za strategijska istraživanja, Kriminalističko policijska akademija,
- Institut GOŠA, Institut tehničkih nauka,
- Matematički fakultet, Mašinski fakultet, Elektrotehnički fakultet, Metropolitani univerzitet, Tehnološko metaluški fakultet, Visoka škola za projektni menadžment,
- D.O.O. UTVA Avio industrija Pančevo, Intel komunikacije, IHA-TEM, Vlada com, Iritel, Peripolis-elektronika, Računarski fakultet, Termo Elektro, HK Krušik Valjevo.

Skup je imao međunarodni karakter. Od ukupno 29 članova naučnog odbora, 10 članova je bilo iz inostranstva i to iz: Nemačke, Turske, Češke, Novog Zelanda, Bugarske, Kanade i Bosne i Hercegovine. Zvanični jezik skupa bio je engleski.

Kao i prethodnih godina, učešće pripadnika Vojske Srbije na ovom značajnom skupu potpuno je opravdano, a cilj je postignut. Pored saopštavanja rezultata istraživanja, vođena je plodna diskusija u kojoj su sagledani problemi, razmenjena mišljenja i iskustva i razmatrana mogućnost rešenja iznetih problema.

Ponovo se potvrdilo da izlaganje radova na ovakvom i sličnim skupovima, kako međusobno, tako i sa naučnim radnicima iz zemlje i inostranstva, i iz drugih naučnih i obrazovnih institucija svakako ima pozitivan uticaj na naučni i stručni nivo rada u vojsci. Takođe, utiče i na struč-

no i naučno usavršavanje kako istraživača u opitnim centrima i institutima, tako i nastavnika, te podiže kvalitet nastave na osnovnim i posleđiplomskim studijima u Vojnoj akademiji i Univerzitetu odbrane upošte.

Može se zaključiti da saradnja pripadnika Vojske sa pripadnicima drugih institucija u rešavanju i istraživanju problema iz organizacije i naučno-tehničkim pristupom potvrđuje otvorenost Vojske za angažovanje drugih lica i institucija na rešavanju problema u oblasti odbrane, ali i spremnost i sposobnost pripadnika sistema odbrane da se angažuju na rešavanju problema u civilnim institucijama.

Literatura

OTEH, 2012, 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies, Belgrade, 18–19 September, PROGRAMME, Organized by Military Technical Institute, Serbia, Belgrade.

OTEH, 2012, 5th International Scientific Conference on Defensive Technologies, Proceedings ISBN 978–86–81123–58–4, Military Technical Institute, Belgrade, 18–19 September.

<http://www.vti.mod.gov.rs/oteh>

REVIEW OF 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE OTEH 2012 – DEFENSE TECHNOLOGY

FIELD: Military Engineering

ARTICLE TYPE: Review

Summary:

This article gives an overview of all papers and events at the Fifth International Scientific Conference on Defense Technologies OTEH 2012 held in Belgrade, in the Military Technical Institute (VTI), from 18th to 19th September 2012.

The paper review presents the Conference Sections by subjects and guest-lecturers as well as the institutions of all authors who actively participated at the Conference.

The Fifth International Scientific Conference on Defense Technologies OTEH 2012 was held in Belgrade in the Military Technical Institute in Žarkovo, from 18th to 19th September 2012.

The Conference program was organized in two plenary sessions and a working part which took place in four halls.

In the plenary session, two key lectures were held by eminent experts from abroad. The first lecture entitled „An adaptive remeshing technique for 3D crack growth simulations”, was given by Dr Vincent Chiaruttini (ONERA Institute, Paris, France). The second one, „New Technologies for Advanced Defence Systems”, was held by Dr Filippo Neri (Virtualabs Company, Rome, Italy).

Fifteen sessions were organised at the Conference. The authors presented their works in open discussions answering questions from the audience. The average number of attendees at each session was about 40.s.

The papers were sorted by topic areas:

- Aerodynamics and flight dynamics: 12 papers
- Aircraft: 23 papers
- Weapon systems, ammunition, energy materials, combat vehicles: 29 papers
- Integrated sensor systems and robotic systems: 16 papers
- Telecommunication and information systems: 18 papers
- Materials and technologies: 34 papers
- Quality, standardization, metrology, maintenance and exploitation: 11 papers

Out of 163 submitted papers for this Conference, 145 papers were accepted and distributed in an electronic form on CDs to the present authors, co-authors, guests and invitees to the Conference. The number of participants with authors and co-authors was impressive – 243. The authors (either of their own or plenary papers) from 15 countries were present at the Conference.

It should be noted that at this conference, unlike the previous one also held in the VTI, Belgrade, in 2011, there was a significantly higher number of younger researchers. There was a general impression that many research results communicated at the Conference deserved to be published in reference journals on the SCR list.

A number of papers from this Conference will be considered for publication in the Scientific Technical Review. It should be noted that the MO-VTI organizing committee largely contributed to the Conference to be evaluated as a well-organized event.

• From a total number of papers (145), there were 32 (or 22.06%) from abroad. Once again, the Conference justified the purpose of this type of conferences. The other works of authors and co-authors were from the following institutions in Serbia: The Ministry of Education and Science and Technological Development,

• Military Technical Institute (VTI), Military Academy (MA), the Army of Serbia (SAF), the Ministry of Defence (MOD), Department of Defense Technology (MDT), University of Defence (UD) Military Institution Dedinje, Military Archives, Technical Test Center (TTC), Technical Overhaul Institute Čačak (TRZ), the Central Logistics Base, Institute of Strategic Studies, Criminal Police College,

• GOŠA Institute, Institute of Engineering,

• Faculties of Mathematics, Mechanical Engineering, Electrical Engineering, Metropolitan University, Faculty of Technology and metallurgy, College of Project Management,

• UTVA Aircraft Industry Pančevo, Intel Communications, IHA-TEM, Vlada.com, Iritel, Peripolis-Electronics, Computer Engineering, Thermo Electric, HK Krušik Valjevo.

The Conference had a truly international character.

As in previous years, the participation of the Army of Serbia in this important event is fully justified, and the goal is reached. In addition to the communication of the research results, there was a fruitful discussion in which the problems were reviewed, opinions and experiences exchanged and possibilities to solve presented problems discussed.

It was again confirmed that communicating work at such events with the participation of scientists and relevant institutions from the country and abroad certainly has a positive impact on the scientific and professional level of work in the Army. It also has a positive impact on professional and scientific training of researchers in experimental centers and institutes as well as teachers, thus raising the quality of teaching in undergraduate and postgraduate studies at the Military Academy.

It can be concluded that the cooperation of the Army with the members of other institutions in solving and researching problems of organizations and scientific-technical approach confirms the openness of the Army for the involvement of other individuals and institutions in solving problems in the field of defense as well as the willingness and ability of the members of the defense system to engage in solving problems in civil institutions.

Keywords: International Conference OTEH 2012 in Belgrade, Military Technical Institute, aerodynamics and flight dynamics, aircraft.

Datum prijema članka/Paper received on: 26. 10. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/

Manuscript corrections submitted on: 13. 11. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on: 15. 11. 2012.

SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA MODERN WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

Nova faza razvoja obaveštajne tehnologije – paradigma sistema za upravljanje bojištem

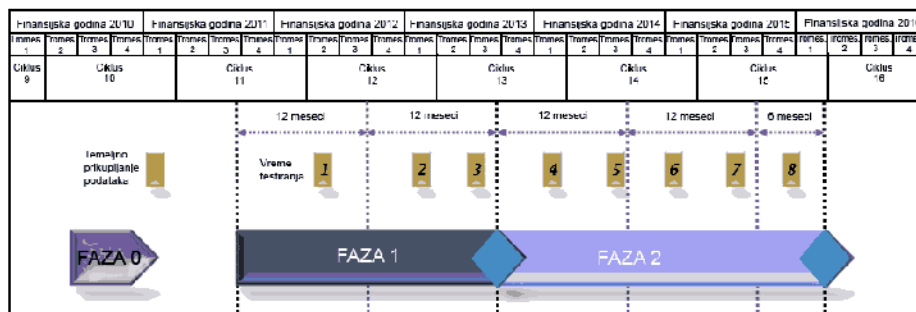
Agencije američkog Ministarstva odbrane, početkom 2013. godine, objavile su tri, naizgled nepovezane informacije, koje govore o novim generacijama senzora za obaveštajno-izviđačku delatnost, unapređivanju obaveštajne analitike i novim tehnikama predviđanja zbivanja na bojištu, radi upravljanja borbenim dejstvima ili drugim vojnim aktivnostima. Senzori nove generacije treba da obezbede povećanje preglednosti svih aktuelnih zbivanja na potencijalnom bojištu. Program za objedinjavanje podataka iz svih obaveštajno-izviđačkih izvora treba da obezbedi filtriranje odgovarajućih informacija i njihovu analizu u realnom vremenu. Obaveštajno-izviđačka analiza treba da obezbedi projektovanje situacije na bojištu, njeno modelovanje i simulaciju. Nakon toga može da se upotrebi za upravljanje dejstvima i komandovanje jedinicama u borbi, kao i za upravljanje neborbenim aktivnostima. Pored toga, u tom celokupnom procesu neophodno je eliminisati pogrešno razumevanje različite terminologije i smisla (posebno prevoda iz drugih jezika), kako bi se dobile prave i odgovarajuće informacije, koje mogu imati veliki značaj u vojno-obaveštajnim poslovima.

U prvoj vesti, agencije DARPA (agencija Ministarstva odbrane SAD odgovorna za razvoj novih tehnologija za vojsku SAD), reč je o senzorima nove generacije koji treba da objedine obaveštajno osmatranje, izviđanje, snimanje i prikupljanje podataka od drugih senzora na bojnopolju i programu koji treba da omogući njihovu analizu.

Unapređivanje programa za objedinjavanje analitike

Informacija govori da su obaveštajni analitičari Ministarstva odbrane SAD, iz agencije DARPA u Arlingtonu, Vašington, pokrenuli narednu fazu programa za razvoj sledeće generacije senzorskih uređaja za prikupljanje obaveštajnih podataka, nadzor i izviđanje (ISR), njihovu eksploataciju i upravljanje resursima obaveštajno-bezbednog sistema. Svrha istraživanja i razvoja ovih uređaja je povećavanje sposobnosti prikupljanja podataka i popunjavanje praznine u vojno-obaveštajnoj analizi.

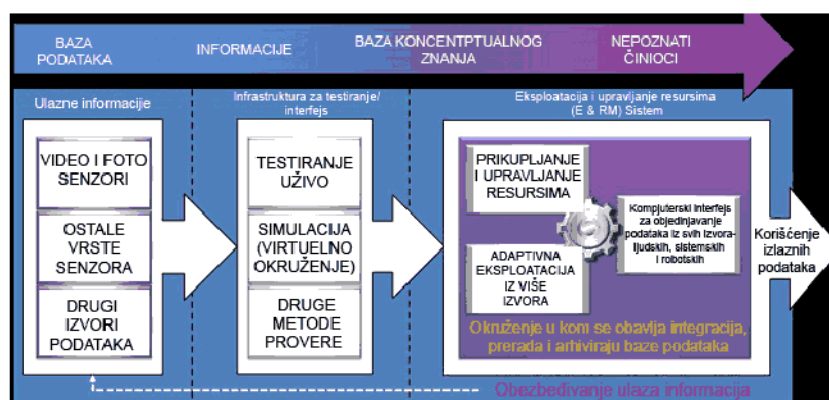
DARPA, u svom saopštenju (DARPA-BAA-13-07) govori o sledećoj fazi programa razvoja senzora, koji se sastoji iz nekoliko celina. Prethodna faza-jedan započeta je u proleće 2011. godine, kada je Pentagon odobrio 12,9 miliona dolara kompanijama BAE Systems, segmentu za Elektronska rešenja u Burlingtonu, Masačusets (BAE Systems Electronic Solutions segment in Burlington, Mass.) i firmi SAIC u Vašingtonu (Science Applications International Corp. in McLean, Va), odnosno predvideo još 14 miliona dolara za razvoj u narednoj fazi.



Tok realizacije koncepta sistema za Eksploatacija i upravljanje obaveštajno-bezbednosnim resursima

U prvoj fazi programa, BAE Systems i SAIC su sačinili studiju i počeli istraživanja i razvoj nove generacije tehnologija koje kombinuju obaveštajne informacije iz izviđačkih i osmatračkih senzora, praćenja i snimanja poverljivih razgovora i elektronske komunikacije, kao i iz nadgledanja društvenih mreža na Internetu. Svrha programa je da obimne prikupljene podatke brzo analizira kao i da sistem omogući operaterima-analitičarima brzo prepoznavanje relevantnih obaveštajnih podataka i njihovo dalje praćenje. Reč je, ne samo o razumevanju govora, već i o identifikaciji ljudi preko algoritma za prepoznavanju glasa, lica, otisaka prstiju i drugih podataka koji mogu, sa velikom sigurnošću, da ukažu na delovanje koje ugrožava nacionalnu bezbednost.

Američki obaveštajno-analitički sistem, inače, već danas omogućava da izvori u taktičkim jedinicama dostavljaju podatke u obaveštajni centar, u realnom vremenu, gde se oni odmah analiziraju. Program predstavlja situaciju integrišući podatke dobijene od obaveštajaca i izviđača, sa podacima robotizovanih senzora, satelitskim snimcima kao i od bespilotnih letelica. Analiza se zasniva na modelu koji su izradili BAE Systems i SAIC, a koji je zasnovan na bihejvioralnoj korelaciji. On omogućava modeliranje, prognoziranje, proračun verovatnoće uspešnosti predviđenih dejstava ili drugih aktivnosti, i tako predstavlja virtuelno okruženje koje integriše nove obaveštajne senzore i softverske algoritme.



Arhitektura obaveštajno-bezbednosnog Sistema za eksploatacija i upravljanje obaveštajno-bezbednosnim resursima

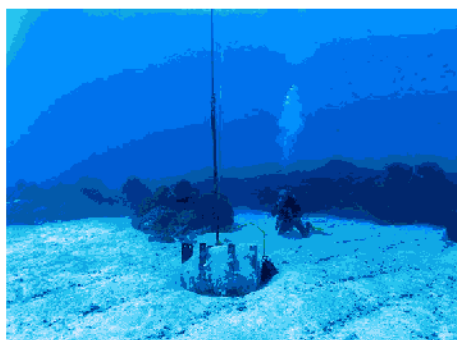
Prva faza bila je projektovana za analizu situacije i upravljanje dejstvima jedinica u protivterorističkim operacijama. Druga faza će unaprediti sposobnosti postojećeg sistema i obezbediti dodatne mogućnosti za složenije misije (protivdiverzantske, mirovne) ili realna borbena dejstva. Ta faza koristiće podatke dobijene novom generacijom senzora u kosmosu, vazduhu, na moru i pod vodom, kao i zemaljskih, praćenjem komunikacija u protivničkim mrežama i, naravno, analizom određenih sadržaja na internetu. Sve će to biti integrisano sa drugim informacijama iz svih mogućih izvora, uključujući i vojnih obaveštajne baze podataka i ljudsko izveštavanje. To, dakle, treba da poveća produktivnost analitičara i njihovu međusobnu saradnju.

DARPA od stručnjaka i naučnika traži platformu zasnovanu na otvorenom standardima, plug-and-plej arhitekturi, i multi-funkcionalnu u pogledu objedinjavanja podataka iz različitih izvora.

Roboti sa senzorima na dnu mora

Druga informacija dolazi takođe iz agencije DARPA, a odnosi se na robote sa senzorima, koji bi ležali u posebnim kontejnerima na dnu mora. Sensori, ugrađeni u različite robotske uređaje od dronova, minskih oružja, opreme za spasavanje na moru, do svetlosnih stroboskopskih uređaja, pratili bi zbivanja u određenoj pomorskoj zoni. Aktivirali bi se po potrebi, radi izviđanja i osmatranja i drugih obaveštajnih dejstava, borbe protiv pomorskih terorističkih plovila, za spasavanje nastradalih, uspostavljanje ad-hok komunikacione mreže, prijem satelitskih i drugih signala i kontrolu baza podataka u oblaku (informatički pojam za baze podataka u virtuelnom prostoru). Na svojim mestima ovakvi robotski uređaji sa senzorima, mogli bi da stoje veoma dugo, čekajući povoljne okolnosti za aktiviranje (DARPA To Launch Just-In-Time Payloads From Bottom Of Sea, January 11, 2013).

Ideja se zasniva na projektu „Distribuirani sistemi za hibernaciju u dubokom moru“ (Distributed systems to hibernate in deep-sea capsules for years, wake up when commanded, and deploy to surface providing operational support and situational awareness). Reč je o robotizovanim kapsulama sa senzorima, koje bi mogle da leže godinama na dnu mora i da se „probude“ kada je potrebno pomorskim i drugim snagama na površini mora pružiti operativnu podršku. Ovakva borbena sredstva popunila bi prazninu u područjima mora gde nema pomorskih snaga. Mogla bi se aktivirati daljinski i dostaviti podatke u realnom vremenu o zbivanjima, borbena dejstvovati ili obezbediti pomoć pri spasavanju nastradalih na moru. Takođe, mogu se iskoristiti za stvaranje ad-hok komunikacione mreže. Sve to bi zavisilo od vrste kontejnera potopljenih na određenom mestu na dnu mora. Takve podvodne platforme, mogu da se iskoriste i za umrežavanje komunikacija, senzorsko praćenje pomorskog



Kontejner sa senzorima, bespilotnim letelicama i drugom opremom za ratovanje na moru mogu se postaviti u velikim dubinama

saobraćaja a posebno vojnih pomorskih snaga, za informacione operacije, elektronsko ratovanje, protivpodmorničku borbu i za druge borbene i neborbene zadatke u ratu i miru. Mogu se upotrebiti i za obmanjivanje protivnika, ali i kao platforma za lansiranje malih naoružanih bespilotnih letelica koje mogu odigrati značajnu ulogu u kritičnim trenucima.

Ideja o korišćenju ovakvih kontejnera skrivenih na dnu mora zasniiva se na činjenici da je skoro polovina svetskih okeana duboka više od četiri kilometara. Ovo pruža značajnu priliku za korišćenje jeftinih senzora, krišom postavljenih na pogodna mesta.

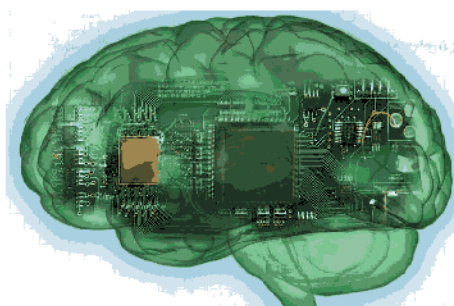
Neuronske mreže i struktarno znanje

Treća informacija dolazi iz agencije IARPA (The Intelligence Advanced Research Projects Activity – Agencija za napredne obaveštajne projekte i aktivnosti). Naime, američki obaveštajni stručnjaci iz ove agencije objavili su konkurs i pozvali specijaliste, institute i industriju za pomoć u razvoju novih teorija veštačke inteligencije koje bi mogle omogućiti analitičarima da prikupljaju obaveštajne informacije iz podataka dobijenih sondiranjem brojnih i različitih izvora, od senzora do praćenja interneta, i to na način na koji ljudi razumeju kompleksne i apstraktne pojmove. Program nosi naziv Zastupljenost znanja u neuronskim sistemima (Knowledge Representation in Neural Systems – KRNS). Realizujući projekat naučnici nastoje da razviju i testiraju teorije koje objašnjavaju na koji način ljudski mozak predstavlja različite vrste konceptualnog znanja i menja obrasce neuronske aktivnosti, da bi čovek shvatio suštinu zbivanja u prostoru oko sebe.

Potreba za ovakvim teorijskim i praktičnim istraživanjima neophodna je pošto se obaveštajni analitičari, prilikom razumevanja smisla informacija (posebno onih prikupljenih na drugim jezicima koji nisu njihov materinji) oslanjaju na bogatu bazu konceptualnog znanja. Ona im je neophodna da eliminišu nejasnoće, pogrešno prevedene pojmove i pravilno formulišu zaključke. Konceptualno znanje se odnosi na poznavanje svojstava entiteta (na primer, jabuka je jestivo) i njenih odnosa prema drugim licima (npr. jabuka je povezan sa voćnjacima, prodavnicama, itd.). Razumevanje načina kako ljudski mozak predstavlja konceptualno znanje je korak ka izgradnji novih informacionih alata za analize. Pored toga, ovakvo istraživanje može dovesti do razvoja novih tehnika za obuku obaveštajnih analitičara i lingvista.

O neuronskoj bazi konceptualnog znanja ne zna se mnogo, a čak ne postoji ni opšta teorija intuitivnog zaključivanja čoveka, odnosno još uvek nije postavljena osnova za razumevanje neuronske funkcije u uspostavljanju konceptualnog znanja.

KRNS program nastoji da razvije teoriju koja bi objasnila kako ljudski mozak predstavlja različite vrste konceptualnog znanja u prostornim i vremenskim (dinamičkim) obrascima nervne aktivnosti. Stručnjaci koji razvijaju sistem KRNS imaju zadatak da izuče obrasce nervne aktivnosti u vezi sa određenim pojmovima i da



Može li kompjuterski sistem posedovati konceptualno znanje, kao ljudski mozak

objasne koji koncepti su predstavljeni u izmerenim nervnim aktivnostima i postavle obrasce po kojima se postojeće znanje koristi. Svi podaci neuronske aktivnosti u sistemu KRNS dobijeni su korišćenjem neinvazivnih metoda, kao što su funkcionalna magnetna rezonancija (fMRI) i magnetoencephalographi (MEG).

Ova istraživanja, dakle, treba da objasne kako se, modelom neuronskih mreža, mogu predstavljati znanja i rezonovanje čoveka. Modeli variraju od formalnih mapa diskretnih objekata, kao što su grafikoni ili logičke formule za različite tipove neuronskih mreža, do izgradnje praktičnih sistema za različite tipove rasuđivanja. U drugom delu istraživanja akcenat će biti na eksploataciju znanja iz neuronskih mreža, kao i praktična primena aplikacija neuronskih mreža i strukturiranog znanja u izvršavanju konkretnih obaveštajnih zadataka.

Napredni informacioni sistem za upravljanje borbenim prostorom

Spomenute tri informacije govore mnogo više. Najpre to da je obezbeđen dalji naređak u razvoju tzv. digitalizovanog bojišta, odnosno u sredstvima, opremi i tehnologiji za savremeno upravljanje bojištem (DBMS – Digital battle management systems). S obzirom na to da je ova sintagma, sa kraja 20. i početka 21. veka, prevaziđena i danas se posmatra kao Združeni upravljački sistem za borbeni prostor, komandovanje i kontrolu (*Joint Battlespace Management Command. & Control*), (ili) Virtuelni sistem za upravljanje borbom u prostoru (i), (ili) Prošireni upravljački sistem za planiranje (borbenih) aktivnosti (*Explore_Battlespace Management: Mission Planning*) i dr., sve nove informacije valja sagledavati kao deo većeg sistema, koji ima zadatak da obezbedi upravljanje borbenim prostorom.

Naravno, za upravljanje borbenim prostorom neophodne su, pre svega, obaveštajne i izviđačke informacije. I to pripremljene tako da se mogu upotrebiti u realnom vremenu. Situacija u borbenom prostoru se modelira od informacija. Modeli situacije omogućuju simulacije i proveru najveće verovatnoće određenih događanja.

Termin borbeni prostor (battle-space) podrazumeva već klasične borbene dimenzije kao što su voda, kopno, vazduh i kosmos. Od nedavno uvedena je u borbenu terminologiju i sintagma sajberspejs (Cyberspace), odnosno digitalizovani prostor u kompjuterskim mrežama kao nova dimenzija savremenog ratovanja.



Naoružanim bespilotnim letelicama upravlja se iz komandnih centara udaljenih hiljadama kilometara za uništavanje pojedinačnih terorističkih ciljeva

Sve to govori da se borbeni prostor razumeva kako složen, dinamičan i otvoren sistem. Da bi se borbeni prostor materijalizovao, i funkcionisao kao sistem, potrebno je višenamenskim (multiagent) podsistemima obezbediti pravovremene i distribuirane informacije, njihovo analitičko objedinjavanje (fuziju) i procedure za donošenje odluka. U tu svrhu koncipiran je i sistem ABIS (The Advanced Battlespace Information System), odnosno napredni informacioni sistem za upravljanje

bojnim prostorom. ABIS predstavlja skup osnovnih informatičkih usluga, tehnologije i alata koji omogućavaju da vojno rukovodstvo poseduje široke operativne sposobnosti za vođenje oružane borbe, što je definisano u „Zajedničkoj viziji 2010“. Dakle, ABIS ne predstavlja samo bazu distribuiranih podataka i aplikacija, integrisanih kroz mrežu pratećih usluga za sve nivoe komandovanja, već omogućuje i informacije kojima se se poboljšava odlučivanje u potčinjenim jedinicama. Putem tog sistema obezbeđuju se i operativne funkcije kao što su podaci senzor-strelac, u realnom vremenu. To se već uveliko koristi, na primer, u upravljanju naoružanim dronovima kojima se uništavaju pojedinačni teroristički ciljevi ili ličnosti.

Kad je u pitanju oružana borba, ovaj sistem omogućuje multi-dimenzionalno upravljanje u celokupnom borbenom prostoru obuhvaćenom vojnim planovima. Sistem ABIS omogućava svim komandama i starešinama jedinica da (1) brzo dođu do adekvatnih podataka u realnom vremenu, razmenjuju i razumeju ogromnu količinu informacija od značaja za situaciju i upravljaju njima, kao i (2) da reaguju i prilagode svoja borbeno dejstva, pronalaze slabe tačke kod protivnika, unaprede dinamiku oružane borbe, te prevaziđu neizvesnosti i nejasnoće koje proističu iz promene situacije i ponašanja suprotne strane.

Naravno, ABIS nije jedini novi program za razvoj borbenog informacionog sistema u svetu, ali poseduje potencijal, za koji radna grupa, koja koordinira dalje unapređenje tog sistema, smatra da on može postati okosnica svih drugih sistema ili „sistem svih sistema“. Ako on bude uklopio i planove razvoja nove generacije kosmičkih senzora, GPS lokatora, kao i projekte američke Komande za kibernetičko ratovanje (United States Cyber Command), onda on zaista ima potencijal da omogućujući upravljanje borbenim prostorom u svim dimenzijama.

Aciklični grafički model verovatnoće

ABIS studija koristi metodologiju mapiranja razvoja napredne tehnologije za operativne potrebe, a svrha je unapređenje sistema za praćenje borbene situacije i dalji razvoj distribuiranog upravljanja borbenim prostorom. Zasniva se na korišćenju unapređenih višenamenskih senzora, tehnologiji modeliranja i simulacije verovatnih mogućnosti, kao i tzv. Bajesovim mrežama (Bayesian network) i usmerenom acikličnom grafičkom modelu verovatnoće (probabilistic directed acyclic graphical model), koji predstavlja skup slučajnih promenljivih i njihovih namenskih zavisnosti preko acikličnih pojava ili zbivanja.

Kao metod za izračunavanje verovatnoće Bajesova mreže koristi usmerene aciklične grafikone čiji čvorovi predstavljaju slučajne promenljive, a koje mogu biti izmerene veličine, latentne varijable, nepoznati parametri ili hipoteze. Slične ideje se mogu primeniti na neusmerene, kao i ciklične grafikone, koje se zovu Markovljeve mreže, i mnoge druge matematičke i statističke tehnike.

Takve metode omogućuju da se kreira struktura situacije, odnosno modelu je tok zbivanja pomoću računarske arhitekture (algoritama) za neizvesne ishode. Takvim tehnologijama i metodama modelovanje moguće je proveriti stepen verovatnoće realizacije odluke i druge parametre planirane aktivnosti, i oružana dejstva učiniti predvidljivim.

Nikola Ostojić

Britanska policija testira lasersku pušku za oslepljivanje demonstranata¹

Prošle godine objavljeno je da policija je u Velikoj Britaniji testira lasersku pušku, izrađenu na novoj tehnološkoj osnovi – korišćenjem laserskog impulsa. Puška bi se upotrebljavala za suzbijanje masovnih demonstracija i drugih oblika nedozvoljenog okupljanja ljudi tako što bi privremeno oslepljivala demonstrante ili uzročnike javnih nereda. Ovo je još jedno novo oružje iz arsenala neubojnih sredstava. Na čelu tima za istraživanje i razvoj je nekadašnji oficir kraljevskih pomorskih komandosa, Pol Ker, direktor Odeljenja za elektronske i fotonske sigurnosne sisteme (Department of Electronic and Photonic Systems).



S obzirom na to da su prošle godine u više gradova Velike Britanije izbili neredi (npr. „okupirajmo London” i sl.), a postojeća taktika suzbijanja javnih manifestacija sa izlivima agresivnosti i razbijačkom energijom nije bila efikasna, kako to žele čelnici na vlasti, pokazalo se da tehnologija i neubojito naoružanje nisu bili dovoljni da se počinioči što brže onesposobe. Zato nije čudno što je policija Velike Britanije u potrazi za novim metodama za kontrolu masa.

Od uobičajenih metoda za savladavanje demonstranata koristile su se puške sa gumenim mecima, vodene pumpe, šok i dimne bombe, a kad bi se upotrebile policijske jedinice opremljene štitovima i električnim palicama to je izazivalo previše povređivanja i povremene žrtve na obe strane. Bilo je pokušaja da se upotrebi akustično oružje, ali je ono efikasno na bojištu protiv naoružanog protivnika, a i nije toliko neubojito koliko se pričalo u javnosti. Zbog toga nije prihvaćeno da se koristi za suzbijanje masovnih demonstracija. Zato je zahtev za novom tehnologijom i promenom taktike u vrhu prioriteta britanske policije.

Rešenje se nazire, smatraju vrhovi policije, u primeni nesmrtonosnog oružja sa svetlosnim zračenjem, dovoljno snažnim da privremeno zaslepi mase i omogućiti policiji da uvede kontrolu i eliminiše najagresivnije pojedince i uticajne

¹ Jonathan Fincher; UK police testing laser rifle to blind rioters, *December 18, 2011.*

kolovođe. Ta oružja treba da zamene standardne električne paralitore (tasere, koji su efikasni u pojedinačnom slučaju) i suzavac.

Nade se polažu u pušku tipa SMU-00 koja se nalazi u rukama policajaca koji je testiraju radi provere njene stvarne efikasnosti.

Ova puška je najpre razvijena kao oružje za borbu posade na brodu protiv pirata u vodama Somalije. Oružje se sastoji od opto-elektronskog (laserskog) emitera svetlosti koji emituje bljesak širine tri metra (9,8 stopa) koje može efikasno da oslepi cilj do 500 metara (1640 stopa) daleko, mnogo dalje nego suzavac i tasers.

Stručnjaci za ovu vrstu oružja kažu da je snop laserske svetlosti snažan, kao kada se gleda direktno u sunce, ali ne izaziva povrede oka već samo privremeno oslepljivanje. Trenutno policijske snage koriste pušku koja ima smanjenu površinu (promer) delovanja. Za ovu pušku je značajno to što oslepljeni ne mogu otkriti odakle je snop svetlosti ispaljen. Posebno se ispituje nivo opasnosti za ljudsku zenicu kako bi se izbegle neželjene trajne posledice. Kada prođe razne zdravstvene kontrole i bude prihvaćeno od strane Ministarstva unutrašnjih poslova, ovo oružje bi moglo da postane standardna oprema za policijske snage. Cena nabavke jedne ovakve puške je 25000 britanskih funti ili 39000 dolara.

Nikola Ostojić

FLIR termalne kamere na sajmu iSEC

Sajam bezbednosne opreme iSEC 2011, predstavio je neka nova tehnička sredstva na našem tržištu, uključujući i najnovije termalne kamere kompanije FLIR. Kamere su veoma savremene, prilagođene korišćenju pri dnevnoj svetlosti i noću. FLIR kamere (forward looking infra red) se koriste za nadgledanje 24 časa, u svim uslovima kao što su mrak, magla, dim, prašina, dan, sneg, kiša i nije im potrebno nikakvo osvetljenje kao ni kombinovanje sa LED diodama. Karakteriše ih, ne samo oština prikaza snimljene slike, već i mogućnost osmatranja na većim daljinama i zumiranje objekata koji se osmatraju.

Termalne kamere su razvijene u američkoj kompaniji "FLIR Systems" iz Santa Barbare, a proizvedene u njihovom ogranku u Holandiji, koju zastupa naša kompanija „Zodax“. Njihova oprema je namenjena kako za vojsku i policiju, tako i svim ostalim korisnicima koji imaju potrebu za adekvatnom video zaštitom 24 časa dnevno. U njihovom poslovnom programu su, pored savremenih video-kamera, takođe infracrvene kamere visokih performansi, kao i multisenzorski sistemi. Zbog odličnih tehničkih karakteristika upotrebljive su i za obezbeđivanje javnih objekata kao što su aerodromi, vojne i pomorske baze, udaljeni značajni objekti, radarske stanice, radio-komunikacioni centri i dr.



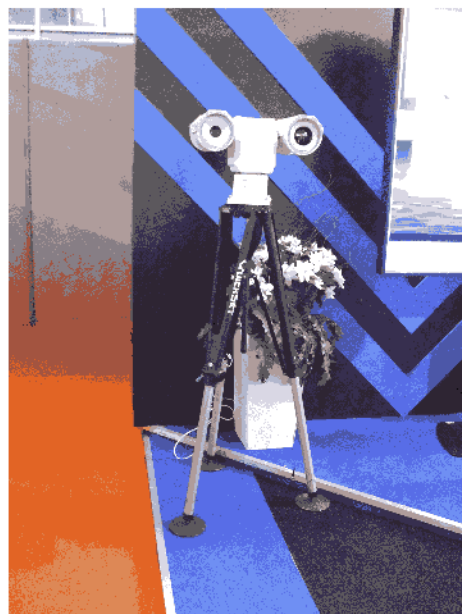
FLIR kamera T-14, verzija za šlem

Reč je o dnevno-noćnim kamerama, koje mogu da funkcionišu uspešno u svim vremenskim uslovima. Kvalitet slike iznosi, npr., kod kamera PT serije od 160×120 piksela, pa čak do 640×480 piksela. Najčešće se njihove termalne kamere koriste u perimetarskoj zaštiti, uparene sa različitim podzemnim, nazemnim i nadzemnim senzorima. Predstavljene su i ručne termalne kamere BHS i HS serije. Izlazni signal sa kamera je u NTSC ili PAL standardu. U vojsci i policiji koriste se brojne kamere, od nišanskih sistema za pešadijsko oružje, osmatračkih i kamera za specijalne operacije do sistema na brodovima, helikopterima i bespilotnim letelicama.

Brojna je ponuda ovog proizvođača, kad su u pitanju kamere za primenu u vojsci i policiji. Jedan od brojnih uređaja je T14. Kao nišanski uređaj za dejstvo pešadinca u noćnim i uslovima slabe vidljivosti, kamera T14 može se namestiti na svako pešadijsko oružje izrađeno po NATO standardu, na odgovarajuću šinu s gornje strane oružja.

Kamera tipa IR360 je senzorski uređaj koji se koristi u brojnim armijama sveta, kao i u pograničnoj policiji i specijalnim snagama. Prikazuje sliku kao crno-belu ili u boji. Ova kamera dostupna je u brojnim konfiguracijama, kao stacionarni uređaj na osmatračnicama, na brodovima, letelicama kao što su helikopteri ili avioni. Uparena je sa CCD kamerom za „snimanje živih slika“ (u realnom vremenu), a ima odgovarajući kompjuterski program za obradu i iščišćavanje slike, zumiranje i preklapanje žive i infracrvene slike.

Najnovija generacija 3+ ovog uređaja ima veliki domet, a namenjena je specijalno za vojsku. Pored infracrvenog uređaja ima ugrađen i laserski iluminator (uređaj za osvetljavanje ciljeva na bojištu, koji radi u režimu neprekidne emisije) kao i komponente za bežično prenošenje slike. Još jedna pozitivna



osobina je što se može veoma brzo postaviti i ne zahteva posebno održavanje. Ova kamera nameštena je na postolje i može da se okreće 360 stepeni po horizontali, brzinom od 100 stepeni u sekundi. Beleži ljudske siluete do daljine 4.500 metara, a vozila i druge objekte koji isijavaju toplotu i preko 10 kilometara.

Slika na ekranu monitora je visoke rezolucije 320x240, omogućeno je zumiranje slike velikog dometa, kamera je stabilizovana i nije osetljiva na udare veta, potrese tokom kretanja vozila ili pločila na kom je nameštena, ima pasivni uređaj za određivanje daljine (daljinometer). Šasija na koju se postavlja je unificirana i može se koristiti kao postolje na zemlji, pričvrstiti na platformu vozila ili letelicu, uključujući balone. Pored stabilizatora slike poseduje i više korisnih funkcija, od kojih je obezbeđen prenos slike pomoću uređaja za mobilne komunikaci-

FLIR uparena termalna i CCD TV kamera predstavljena na beogradskom sajmu ISEC 2011

je, preko fiksnih ili bežičnih uređaja za vezu i, posebno, korišćenjem sistema za vojne ili policijske komunikacije. Kamera ima još jednu korisnu funkciju. Okretanje može da se programira pomoću uređaja tako da kamera nema prepoznatljivu šemu pregleda teritorije koja se osmatra u automatskom režimu.

Slika može da se obrađuje u mobilnom, fiksnom i stacionarnom studiju za montažu.

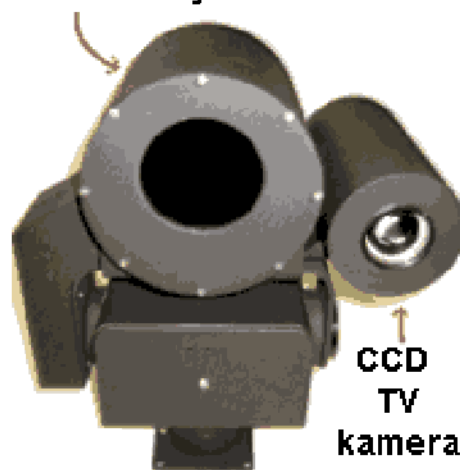
Infracrvena kamera IR360 može da se upari i sa dve CCD TV kamere, različitog opsega, i tako koristi za višenamensku kontrolu, izviđanje, otkrivanje protivničkih položaja, ilegalnih prelaznika granice, kriminalaca koji pokušavaju da neopaženo uđu u zaštićeni objekat i u sličnim situacijama.

Kamere su izrađene prema vojnom standardu koji je utvrdilo Američko ministarstvo odbrane (DoD) u saradnji sa Agencijom za istraživanja i razvoj odbrambenih sredstava (DARPA). Standardi kojima mora da podleže ovaj tip kamere su BISS-IMG-27553 A, MIL-STD-461D i ISO9001. Svi konektori su proizvedeni po Mil specifikaciji (za video i kablove za spajanje DB-9 na računar). Slika u boji mora je u skladu sa MIL-C-46168-33301, uz mogućnost korišćenja crno-bele slike. Američki naručioci zahtevaju da se prenos slike može odvijati preko vojne žične ili bežične veze na vojnim frekvencijama.

IR360 je integrisana sa CCD kamerom za dnevno-noćno korišćenje sa, a vrstu sliku izabire korisnik. CCD kamera ima osetljivost na svetlost snage .001 Luksa, 480 TV linija u STD NTSC rs170 modu rada. Pored toga ima mogućnosti optičkog i digitalnog zumiranja. Potpuno je vodootporna, kao i na uticaj hemijskih isparenja. Broj efektivnih piksela kod CCD kamere je za: NTSC: 380,000 pixels [768(H) x 494(V)] i PAL: 440,000 pixels [752(H) x 582(V)], fokusna dužina omogućava uvećanje slike (zumiranje) do 25 puta. U kameru je ugrađena kompenzacija nagle promene osvetljenja.

U ponudi ove kompanije su i druge vrste sličnih kamera. Među njima je i specijalna kamera MMXFLIR, koja se razlikuje u nekoliko detalja i karakteristika. Reč je, takođe, o spregnutoj termalnoj i CCD TV kameri, kod koje je mogućnost zumiranja 18 puta, a koristi se za vojne bezbednosne potrebe, od obezbeđivanja baza, preko osmatračkih i izviđačkih dejstava na bojištu do upotrebe u specijalnim operacijama protiv ilegalnih prelaznika granice, krijumčara droge i oružja i u drugim prilikama (MMX Long Range Dual Field Of view military security thermal infrared IR imager). Ovu kameru koriste i timovi za navođenje avijacije za dejstvo po zemaljskim ciljevima (100% TASS Compatibility, United States Air Force – Tactical Automated Security Systems compliant).

Termovizijska kamera



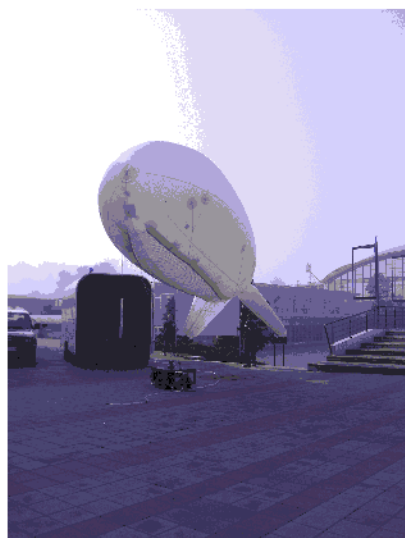
(c) www.imaging1.com

Kamera tipa IR360 spregnuta sa CCD TV videokamerom



Korišćenjem termovizijske tehnologije razvijen je i dnevno-noćni nišan za pešadijsko naoružanje

Kamere rade u spektralnom rangu od 3–5 mikrona, koriste naprednu tehnologiju hlađenog fotodetektora sa rezolucijom od 320x256 tačaka po inču, a to omogućuje Indijum Antimonide InSb, ultra osetljivi senzor. MMKS je optički sistem, upotrebljiv i po veoma niskim temperaturama, što mu omogućuje automatski odleđivač. Spoljna površina je zaštićena ugljičnim premazom projektovanom da izdrži različite meteorološke uslove. Antirefleksni premaz omogućava da se ne odaje položaj ovog uređaja kad je maskiran u odnosu na okruženje.



Srpska policija prikazala je na sajmu ISEC 2011 sistem za kontrolu granice koji se zasniva na kamerama tipa FLIR

Kamera ima, takođe, ugrađen laserski daljinomer, označavač ciljeva i uređaj za noćno osmatranje. Vidno polje kamere je dvostruko (tzv. širokougaoni/telefoto nadzor), koristi hlađenu IC tehnologija (ultra-osetljive termovizijske komponente), a integrisana je na Pan/Tilt nosač za okretanje po vertikali i pomeranje po horizontali. Izrađena je takođe po vojnim specifikacijama za opremu i američkoj kopnenoj vojsci i ratnom vazduhoplovstvu. Ima integrisani kontroler i džojstik, koji omogućuju lakoću rada i omogućava korisniku da izabere skup funkcija.

MMKS predstavlja svetski standard za mobilne i stacionarne termovizijske kamere dugog dometa, a mogu se kombinovati i kao sistem sa tri kamere. Ovakve kamere, takođe, detektuju ljudsko telo na daljinama do 4, 5 kilometara.

U kućištu na kome su postavljene termovizijska i optičke kamere nalaze se još i kompas i GPS uređaj.

Korišćenjem ove tehnologije razvijen je i termovizijski dnevno-noćni nišan tipa NVC-S-750, 850, i 1000, za pešadijsko naoružanje.

Pored toga što proizvodi brojne tipove termovizijskih kamera za potrebe vojske i policije, kompanija FLIR Systems proizvodi još i sistemi za detekciju, rekogniciju i identifikaciju ljudi i vozila, optičke komponente za kamere kao i delovi za detektore.

Na sajmu ISEC 2011 policija je prikazala sistem za kontrolu granice, koji koristi kameru FLIR u vozilu i na balonskoj platformi. Taj sistem je nazvan „Taktički aerostatski sistem“, a reč je o specijalno opremljenom balonu izraelske proizvodnje, na koji je u podvešenoj platformi, ugrađen sistem za osmatranje, koji čine dnevno-noćna termovizijska kamera za

snimanje tipa FLIR, komunikacioni sistem za onlajn prenos video-signala između zemaljske stanice za nadzor i upravljanje i, samog balona. Tu su i delovi sistema za upravljanje, orijentaciju i praćenje podataka o pritisku u balonu. Kamera FLIR nalaze se i u vozilu „nisan“, koji služi za mobilno osmatranje i izviđanje granice. Obe kamere, otkrivaju termičke odraze ljudskih tela ili motornih vozila, kako ona u vozilu „nisan“, tako i kamerana podvesku ispod balona, kojom se sa visine osmatra određena teritorija i otkrivaju lica koja ilegalno pokušavaju da pređu državnu granicu.

Naravno, ovakav sistem može da se koristi i za otkrivanje ilegalnih prelaznika i u kamionu ili nekom drugom transportnom sredstvu, pošto se toplotni odraz ljudskog tela znatno razlikuje od odraza tereta na platformi vozila.

U svetu više vojski poseduje ovakve sisteme, kako na balonskim platformama, tako i na vozilima, i razrađena je taktika upotrebe u izviđačkim, osmatračkim i drugim vidovima borbenih dejstava, na front, po dubini i u pozadini protivničke teritorije.

SPECIFIKACIJE ZA KAMERU IR360	
Detektor 1	visoka rezolucija 320 x 240, bez hlađenja i održavanja, fokalni niz sa automatskim održavanjem nivoa osvetljenja
Detektor 2	visoka rezolucija, visoke osetljivost InSb jezgra
Objektiv	13mm Opcije, 18mm, 25mm, 50mm, 75mm, 100mm, 150mm, Dual Vidno polje 50-150mm i 60-180mm, optički, germanijum
Opcije objektiva	Brojne opcije objektiva sa mogućnošću nadogradnje
Fizičke osobine	dvostruko kućište otporno na udar
Prenos pogona za okretanje kamere	nerđajući zupčanci i lanci za precizno pozicioniranje i održavanje niskog nagiba
Delukse kontroler	promenljiva brzina rotirajućeg, podesivi auto-pan, nivo osvetljenja slike, polartet, 2x zum, kompatibilan fokus motor
Softver za kontrolu računara	kontrola nad svim stepenima nagiba i funkcija kamere
Alarm i praćenje	alarm za nailazak ljudi i praćenje kretanja, modul za programiranje praga osetljivosti detekcije pokreta
Rotacija po horizontali	kontinuirana rotacija 360 stepeni i rotacije po visini pomoću džojstika
Rotacija po visini	-45 to +60 stepeni, pomeranje po jedan stepen
Brzina rotacije	velike brzine (100 stepeni u sekundi) sa više opcija rotacije
Napajanje	od 9-28 volti ili 110V
Radna temperatura	-32C do +49C
Maksimalna detekcija ljudi	ciljna detekcija 4.500 metara
Sistem kontrole	dvostruki sistem kontrole pomoću kontroler ili softvera za PC/laptop
Kablovski sistem	sva kabliranje mogu biti cca 12 metara dužine, glavni kablovski sistem cca 20 metara dužine
Ključne karakteristike i prednosti	visoka rezolucija 320x240, toplotna slika sa opcijom zumiranja, veliki domet CCD-TV, stabilizacija zuma kamere uživo, neravna terena i vremenskih prilika, pan & tilt šasije, pasivni daljinomer, stabilizator titranja slike, više korisničkih funkcija, mobilna, fiksna i stacionarna montaža, prenos slike preko žičane ili bežične vojne frekvencije, puna korisnička podrška

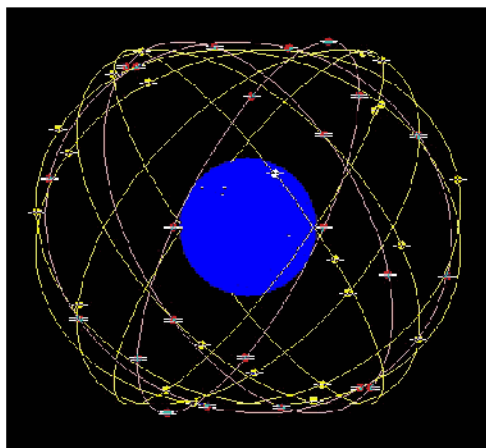
Nikola Ostojić

Ruski GLONASS globalni pozicioni sistem sada pokriva celu planetu

Orbitalni sistem za globalno pozicioniranje GLONASS (ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА - Globalni navigacijski satelitski sistem) je, sa 24 satelita, počeo da radi punim kapacitetom krajem 2012. godine. Tada je, postavljanjem poslednjih satelita u geostacionarnu orbitu kompletirana grupacija tog ruskog sistema za navigaciju i orijentaciju.

Ovaj sistem je uspešno pokrivaio teritoriju Rusije i pre, bez obzira na to što sistem nije bio kompletan. Za to je bilo dovoljno 18 satelita. Nakon postavljanja poslednjih satelita u konstelaciji, zona pokrivanja GLONASS sistema sada obuhvata čitav svet. Tako je Rusija obezbedila sebi nautički suverenitet u toj oblasti i nije više zavisna od američkog GPS sistema. Pored toga, kompletiranjem svog sopstvenog sistema za globalno pozicioniranje, Rusija može da pruža navigacione i orijentacione usluge i drugim zemljama, zainteresovanim za njihovo korišćenje. Inače, postojanje dva globalna sistema bitno smanjuje rizike od pogrešnog orijentisanja i navigacije, s obzirom na to da SAD mogu da isključe signal GPS na bilo kojoj teritoriji i tako dovede do problema u orijentaciji i navigaciji letelica, brodova i drugih objekata koji koriste ove sisteme.

Prema satelitima GLONASS nije bilo moguće odrediti koordinate u svakom mestu na Zemlji dok nisu lansirani sateliti koji su kompletirali sistem. Naime, do tog momenta nisu postojali tehnički uslovi da zemljina površina bude 100 odsto pokrivena njihovim sistemom za globalno pozicioniranje, odnosno da se odmah dobije pristup navigacionim uslugama. Danas, u bilo kom mestu na Zemlji, potrošač može da sazna koordinate prema signalu GLONASS. Određivanje koordinata isključivo prema ruskim satelitima je potrebno vojnim krugovima. Naprimera, Rusija pruža Indiji precizni vojni signal, prema kojem se usmeravaju bespilotni avioni ili rakete.



*Orbitalni sistem za globalno pozicioniranje
GLONASS je sa 24 satelita počeo da radi
punim kapacitetom krajem 2012. godine*

Civilni korisnici, inače, koriste dvosistemsku opremu koja istovremeno prima signal od sistema GLONASS ili GPS, što obezbeđuje dvostruku sigurnost orijentacije i navigacije na zemljinoj površini, moru i u vazduhu. Dvosistemski uređaji naročito se koriste u gradskim uslovima, za kontrolu saobraćaja, praćenje vozila ili lica. Za osiguranje neprekidnih usluga globalnog pozicioniranja u gradu potrebno je najmanje 50 satelita, toliko nema ni GPS, ni GLONASS. U Moskvi se planira da se od 2013. godine obavezno obezbedi saobraćaj uređajima Era-GLONASS, čime će navigaciona satelitska tehnologija bitno poboljšati kvalitet života običnih građana.

Globalni pozicioni sistem (*Global Positioning System – GPS*) sačinjava konstelacija satelita raspoređenih u orbiti oko Zemlje, koji šalju radio signal na zemljinu površinu. Sateliti lete na visini od oko 20.000 km iznad zemlje i emituju GPS signale iz kosmosa koje prijamnici koriste za prikazivanje trodimenzionalne lokacije (latitude, longitude i altitude) i preciznog vremena. Minimum je 24 satelita od kojih su 7 rezervni. GPS prijemnici, na osnovu ovih radio signala, mogu da odrede svoju tačnu poziciju – nadmorsku visinu, geografsku širinu i geografsku dužinu – na bilo kom mestu na planeti danju i noću, pri svim vremenskim uslovima.

GPS ima veliku primenu kao globalni servis u raznim oblastima, za komercijalne i nekomercijalne potrebe (navigacija na moru, zemlji i u vazduhu, mapiranje zemljišta, pravljenje karata, određivanje tačnog vremena, otkrivanje zemljotresa i slično) i, naučne svrhe. Koriste se radio-signali na frekvenciji 1575,42 mhz. Sa tri satelita u vidokrugu, GPS uređaj može da proračuna svoju 2D poziciju (geografsku širinu i dužinu), a sa četiri ili više satelita može da proračuna 3D poziciju (geografsku širinu, dužinu i nadmorsku visinu). Kombinacijom ovih podataka, u određenom vremenskom periodu, GPS uređaj može da prikaže nekoliko drugih podataka, recimo pravac kretanja, brzinu kojom se kreće korisnik (ako je u prevoznom sredstvu), udaljenost od cilja, vreme pristizanja na cilj, smer kompasa i slično.

GPS, kao prvi sistem za navigaciju putem satelita u kosmosu, razvilo je Ministarstvo odbrane SAD pod imenom NAVSTAR GPS, u agenciji DARPA (neki izvori navode da je NAVSTAR skraćenica od Navigation Signal Timing and Ranging GPS), a za početna istraživanja poslužili su prvi sateliti lansirani 1960. godine. U početku sistem je korišćen isključivo u vojne svrhe. Američka vojska 1967. godine lansirala prvi satelit Timation1, koji je slao referentne vremenske signale – na kojima se zasniva GPS tehnologija. Kombinovanjem ovoga i zemaljskih navigacionih servisa (prvi je bio Omega Navigacioni sistem, koji se bazirao na proračunima razlike u fazi signala sa zemaljskih stanica) rođen je GPS.

Prvi eksperimentalni GPS satelit lansiran je u orbitu 1978. godine. Slučajno obaranje civilnog korejskog aviona 1983. godine od strane vojske SSSR nagnalo je tadašnjeg predsednika SAD Ronalda Regana da potpiše ukaz da GPS, kada bude potpuno razvijen, postane dostupan u civilne svrhe. Prvi satelit sistema koji poznajemo kao GPS postavljen je 1989. godine, a poslednji, dvadeset četvrti, poslat je 1993. godine. Sve do 2000. godine američka vojska je ograničavala kvalitet servisa za civilnu upotrebu na preciznost od (loših) 100 m. Danas je njegova preciznost u određivanju pozicije oko 5 m. Godišnji troškovi održavanja sistema su oko 750 miliona američkih dolara.

GPS se sastoji od tri segmenta: kosmičkog, kontrolnog i korisničkog. Kosmički segment sastoji se od 24 do 32 satelita u sredjoj Zemljinoj orbiti, a uključuje raketne sisteme za njihovo lansiranje do orbitalnog položaja. Kontrolni segment sastoji se od glavne kontrolne stanice (*Master Control Station*), alternativne glavne kontrolne stanice

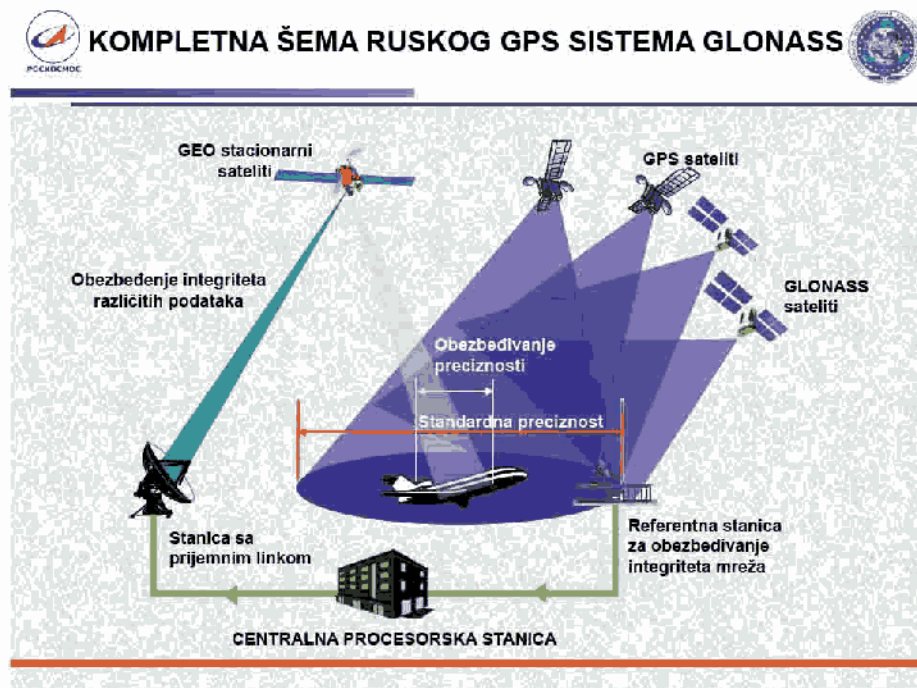


GPS prijemnik koji se koristi za orijentaciju tokom vožnje automobilom

(Alternate Master Control Station) i baze dodeljenih i zajedničkih zemaljskih antena i monitoring stanica. Korisnički segment sastoji se od brojnih korisnika usluge preciznog pozicioniranja GPS-a (*GPS Precise Positioning Service*), među kojima su vojni i civilni, komercijalni i drugi korisnici.

GPS je postao široko korišten sistem za pomoć u navigaciji širom sveta i koristan alat za izradu karata, premeravanje zemljišta, trgovinu, naučna istraživanja, praćenje i nadzor, ali i hobije kao što su geokečing i vajmarking (geocaching i waymarking). Osim navedenog precizna vremenska referencija koristi se u mnogim naučnim istraživanjima, posebno zemljotresa, te kao vremenski sinhronizacijski izvor za protokole mobilnih mreža. GPS je postao osnova transportnih sistema širom sveta, osiguravajući navigaciju za avijaciju, kopnene i pomorske transportne sistema. Od GPS zavise službe za pomoć u katastrofama kao i usluge hitnih službi radi određivanja lokacija i vremenskih mogućnosti za planiranje i izvođenje operacija spašavanja i pomoći žrtvama. Precizno vreme koje pruža GPS olakšava svakodnevne aktivnosti u bankarstvu, funkcioniranja mobilnih telefona pa čak i nadzor nad električnom mrežom.

Poljoprivrednici, geodeti, geolozi i nepregledno mnoštvo drugih stručnjaka obavljaju svoj posao efikasnije, sigurnije, ekonomičnije i preciznije koristeći besplatne i dostupne signale GPS-a.



Kompletna infrastruktura sistema GLONASS

Preciznost sistema zavisila je i od samog prijemnog uređaja korisnika, ali to danas ne važi, jer su svi noviji uređaji gotovo identično precizni, nezavisno od proizvođača. Noviji uređaji su višekanalni i obrađuju podatke sa više od četiri satelita, koliki je minimum za određivanje osnovnih parametara o poziciji. Savremeni uređaji imaju 12-kanalni prijem, te su teoretski u stanju da prime signale sa 12 satelita, obrade ih i povećaju svoju preciznost. Ipak, pravo povećanje preciznosti postiže se zemaljskim sistemom za korekciju (Differential GPS – DGPS) koji ispravlja greške u GPS signalima (greška u signalima može da se pojavi iz više razloga – višestruka refleksija signala, greške u vremenu, uticaj jonosfere i troposfere itd.). Na primer, američka obalska straža koristi sistem koji se bazira na mreži tornjeva koji primaju GPS signale i reemituju ispravljeni signal. Za prijem ovih signala potreban je uređaj sa podrškom za DGPS.

Reč je o veoma tačnom određivanju parametara, što je samo jedna od karakteristika koja utiče na preciznost navigacije. Određivanje tačnosti položaja pomoću GPS zavisi i od geografske mape koja se kristi. Ako je na uređaju instalirana loša mapa, džaba tačno izračunate geografske koordinate.

Vojna primena je specifičan način korišćenja GPS signala u brojnim područjima vojnih delatnosti. GPS omogućava precizno upravljanje različitim oružjem uključujući krstareće rakete i druge letelice kojima se upravlja iz udaljenih komandnih centara. Koristi se za navigaciju vojnih snaga na moru, kopnu i u vazduhu, navođenje preciznih pametnih raketa na ciljeve, praćenje kretanja protivničkih letelica i raketa, oklopnih i drugih vozila kao i za mapiranje minskih polja i sl.

Sateliti su takođe opremljeni detektorima za nuklearne detonacije, što predstavlja glavnu komponentu Sistema za detektovanje nuklearnih detonacija u SAD. S namerom da spreči neadekvatno korišćenje GPS-a vlada Sjedinjenih Američkih Država kontroliše izvoz prijemnika za civilnu upotrebu. Proizvođači u Sjedinjenim Američkim Državama ne mogu uopšte da izvoze prijemnike u koliko oni ne poseduju ograničenja u brzini i visini sa koje može da pošalje informacije o poziciji. Zvanično ograničenje brzine je 515 m/sec dok nijedna GPS jedinica ne funkcioniše na visini od 18 km i više. GPS se još koristi za precizno dobavljanje vojnih sirovina i namirnica.

GLONASS, kao sistem za navigaciju pomoću satelita, započeo je u SSSR 1976. godine. Po raspadu Sovjetskog Saveza, Rusija je preuzela projekat u nadležnosti ruskih kosmičkih snaga. Sistem je zamišljen kao mreža od 24 geostacionarna satelita koji metodom trilateracije definišu poziciju objekta na površini Zemlje i prijemniku šalju podatke o njegovoj poziciji. GLONASS je završen tokom prve polovine devedesetih, ali usled nepovoljne ekonomske situacije, ubrzo posle završetka, postao je gotovo nefunkcionalan. Ruska vlada je 2001. godine započela projekat modernizacije sistema u koji je uključena i Indijska vlada. Sistem je u septembru 2007. godine bio delimično operativan i sastojao se od deset satelita. GLONASS je trebalo da bude potpuno operativan tokom 2009. godine, ali su, tek postavljanjem preostalih šest satelita 2011. godine, stvoreni uslovi za punu operativnost. Rusija je dozvolila slobodan pristup navigacionom signalu za civilnu upotrebu bez naknade kako za građanje i pravna lica iz Ruske federacije tako i za ceo svet.

Nikola Ostojić

Dassault isporučuje prvi Rafal opremljen sistemom AESA²



Kompanija *Dassault* je 2. oktobra 2012. g. isporučila prvi lovac *Rafale* opremljen sa rešetkastom antenom za elektronsko skeniranje (*Active Electronically Scanned Array AESA*) francuskoj direkciji za naoružanje (*Direction générale de l'Armement DGA*).

Primopredaja aviona opremljenog sa AESA radarom je obavljena u fabrici *Merignac* u blizini grada Bordo.

Novi radar obezbeđuje nove i unapređene mogućnosti otkrivanja slabo vidljivih ciljeva i potpunu upotrebu rakete *Meteor* namenjene za borbu van radijusa vidljivosti.

Uz mogućnost detekcije ciljeva na daljinama koje su 50% veće u odnosu na prethodni radar, novi AESA sistem je pouzdaniji i omogućava manje troškove održavanja.

Ovim putem *Rafale* je postao prvi evropski lovac koji je ušao u operativnu upotrebu sa radarom AESA.

Radar po standardu RBE2 montiran na lovce biće ponuđen i za izvoz.

Dragan Vučković

Francuska razvija protivvazдушnu odbranu podmornica³

Kompanija *French naval shipbuilding systems and services group DCNS* je objavila planove u vezi oružanog sistema koji bi se sastojao od podmorničke protivvazdušne rakete u zatvorenom kontejneru. Protivvazdušni sistem bi bio zasnovan na raketi kratkog dometa sa infracrvenim navođenjem *Mistral*.

Ova ideja delimično vodi poreklo od sistema razvijenog od strane kompanije *Vickers* davnih sedamdesetih godina koji se sastojao od protivvazdušne rakete lansirane sa podmornice (*Submarine-launched Air Missile SLAM*). Koncept dobija na značaju u današnje vreme sa obzirom na vrlo izraženu opasnost koju predstavljaju pomorski patrolni avioni i helikopteri. Kompanija *DCNS* je razmotrila ugradnju sistema na nosače optroničkih uređaja u podmornicama klase *Scorpene* i *Andrasta*. Izbor meta bi se vršio pomoću optroničkih uređaja.

Sistem postavlja tri uslova: zahteva brzu identifikaciju meta, mora biti trenutno spreman za paljbu i podmornica mora imati neometanu slobodu manevrisanja.

² IHS Jane's Defence Weekly 10 October 2012.

³ IHS Jane's International Defence Review November 2012.

Kompanija *DCNS* je u saradnji sa kompanijom *MBDA* napravila studiju o kontejnerskom lansirnom sistemu spremnim za lansiranje sa periskopske dubine. Raketa *Mistral* će biti upotrebljena bez modifikacija ali će biti posebno razvijena instalacija na optroničkom jarbolu koja će sadržati tri raketna kontejnera.

Predviđeno je da prilikom podizanja optroničkog jarbola dođe do akvizicije i označavanja mete, tada će kontejner sa raketom biti dignut iznad nivoa vode i usmeren ka meti. Zatim će tragač na raketi *Mistral* zahvatiti i zaključati metu pre ispaljivanja.

Ideja je slična projektu *SLAM* koji je podrazumevao nekoliko raketa *Blowpipe* na jarbolu koji bi se uzdizali sa tornja podmornice. Tokom 1972 godine izvršeno je testiranje sistema *SLAM* i veruje se da je zatim izvršena prodaja Izraelu.

Dragan Vučković

GD predstavlja modifikaciju motora za tenk M 1 i gusenični Stryker⁴

Kompanija *General Dynamics* (GD) predstavila je nekoliko novih platforma i sistema za koje smatra da će unaprediti borbene timove američke oklopne brigade (*Army's armoured brigade combat teams ABCT*). Među novim platformama istaknuti su novi dizel motor za osnovni borbeni tenk Abrams kao i gusenična verzija vozila *Stryker*.



⁴ IHS Jane's Defence Weekly 31 October 2012.

Dizel motor predviđen za tenk Abrams povećao taktički domet borbenih timova (ABCT) sa 205 na 300 milja što znači da tenkovi neće više biti prvi na listi za dopunu goriva u odnosu na druga vozila. Kompanija nudi motor MTU 883 i menjač *Allison*, uglavnom istu kombinaciju koja je već predložena za kopneno borbeno vozilo (*Ground Combat Vehicle GCV*) što bi uticalo na smanjenje troškova upotrebe tenka Abrams za 14% u poređenju sa postojećom gasnom turbinom.

Kompanija *General Dynamics* je predstavila i guseničnu verziju vozila *Stryker* sa dvostrukom V šasijom za koju se nadležni iz GD-a nadaju da bi mogla poslužiti kao opcija za armijsko višenamensko oklopno vozilo.

Višenamenska oklopna vozila bi trebalo da zamene flotu zastarelih M 113 oklopnih transportera koji su ušli u upotrebu još pedesetih godina.

Vojska planira da kupi 2900 višenamenskih oklopnih vozila radi zamene M 113. Kompanija nudi svoj *Stryker* u verziji točkaša ili u guseničnoj verziji u zavisnosti od armijskih zahteva koji se planiraju za budžet u 2013. godini.

Dragan Vučković

Gruzija se pojavljuje na tržištu BVP sa vozilom Lazika⁵



Gruzija je proizvela svoje prvo gusenično oklopno vozilo prateći globalni trend u mnogim zemljama.

Borbeno vozilo pešadije (BVP) *Lazika* ima posadu od troje ljudi i prevozi do sedam pešadinaca, poseduje sedišta za umanjivanje dejstva eksplozija i omogućava izlaz vojnika na zadnjem kraju vozila sa hidrauličnom rampom ili kroz otvor za evakuaciju koji se takođe nalazi na zadnjem kraju vozila.

⁵ IHS Jane's International Defence Review November 2012.

Naoružanje se sastoji od ruskog automatskog topa 23 mm 2A14 i mitraljeza PKT 7.62 mm. Oba oružja su montirana na postolje i njima se daljinski upravlja iz tela vozila. Nišandžija i vozač imaju dnevno noćne uređaje za osmatranje kao i termalne kamere.

U svojoj standardnoj konfiguraciji *Lazika* teži 14 tona što ga čini jednim od najlakših BVP u svojoj klasi. Uprkos svojoj maloj težini nivo zaštite je STANAG 4569, nivo 4 na prednjoj strani i na stranama transportera što je moguće povećati i na nivo 5 sa dodatnim oklopom. Proizvođač takođe tvrdi da vozilo nudi zaštitu STANAG 4569, nivo 4 od eksplozija mina.

Lazika pokreće motor od 300 KS sa odnosom snage težine od 21.4 KS/T koji pokreće vozilo brzinom od 70 km/h po putu. Motor je postavljen na prednjem delu vozila. Amortizacija vozila je standardna, sa torzionim šipkama i pet točkova sa svake strane vrlo sličnim rešenju ruskog BMP-1 i 2.

Dragan Vučković

Indijska odbrambena industrija se priprema za hipersonični test⁶



Indija planira sprovođenje prvog leta svog hipersoničnog demonstratora tehnologije HSTDV (*Hypersonic Technology Demonstrator*) u sledećih 12 do 18 meseci.

HSTDV program planira uvođenje samonavedene „skramdžet“ letelice sa pogonom na ugljenovodonik koja će moći da leti brzinom od 6 do 7 maha. HSTDV ima za cilj razvoj krstarećih raketa kao i drugih platformi koje će moći obavljati i zadatke izviđanja vrlo velikom brzinom.

⁶ HIS Jane's Defence Weekly 31 October 2012.

Prvi testovi obavljani na zemlji su završeni i oni su uključivali probe sa „skramdžet“ motorima pokretanih kerozinom (supersonični ramdžet – nabojno mlazni motori) i pogonski motor je sada integrisan u letelicu. Dosada je obavljeno nekih desetak testova sa motorom iako razvojni tim tek planira test sa neprekidnim sagorevanjem od dvadeset sekundi što je neophodan uslov za inicijalni vazdušni test.

HSTDV je jedan od dva indijska projekta koji uključuju oružja sa vrlo velikim brzinama. Drugi takav projekat je *BrahMos II*, hipersonična raketa koju zajedničkim projektom razvijaju Indija i ruska kompanija *Mashinostroyenia*.

Ova dva projekta su ipak odvojeni jer je projekat HSTDV u potpunosti razvijan uz pomoć lokalne tehnologije dok je projekat *BrahMos II* razvijan uz pomoć Rusije.

Vazdušna platforma HSTDV je 5.6 m dugačka i 80 cm široka. Teži 1,000 kg i ima nosivost od 150 kg. Predviđena je za lansiranje sa kopna i posedovače raketni buster na čvrsto gorivo. Dok su probni zahtevi sa inicijalni let 20 sekundi kontrolisanog sagorevanja, krajnja performansa letelice biće 600 sekundi leta za pokrivanje udaljenosti od 1,500 km sa korisnom nosivošću od 400 kg.

Razvojne oblasti hipersoničnog vozila uključuju razvoj nekoliko tehnologija među kojima su: integracija propulzionog sistema, termalna otpornost struktura, hipersonični mešoviti kompresioni usisnik, dvofazno modeliranje platforme i supersonično sagorevanje tečnog ugljenovodonika.

Indijska DRDO (*Defense Research and Development Organisation*) takođe radi na specijalnim kompozitnim materijalima u cilju termalne zaštite pri supersoničnim brzinama kao i na dizajnu i razvoju pirotehničkih i elektro-pneumatskih aktuatora.

Indijski ambiciozni HSDTV program traje već deset godina i zasada nije uspeo da postigne većinu postavljenih ciljeva. Prvobitne projekcije su uključivale probni let još 2008 godine a svi predviđeni rokovi su davno promašeni.

Dragan Vučković

Indija uskoro započinje testiranje samohodnog topa Catapult Mk II⁷

Indijska kompanija DRDO uskoro započinje testiranje lokalnog samohodnog artiljerijskog sistema razvijenog na osnovu kombinacije sovjetskog topa M 46 130 mm i šasije lokalno razvijenog tenka *Arjun Mk 1*.

Testovi mobilnosti odnosno prohodnosti hibridnog oruđa „Catapult“ M-46 Mk II predviđeni su za početak novembra u pustinji *Rajasthan*.

Nakon ovih testova vojska sprovodi sledeću seriju proba i zatim ulazi u serijsku proizvodnju 40 Katapulta krajem 2013 ili početkom 2014 godine. Ovi samohodni sistemi su predviđeni za opremanje dva puka i poslužiće za rešavanje gorućih problema indijske armije u vezi nedostatka artiljerijskih sistema.

⁷ HIS Jane's Defence Weekly 31 October 2012.



Catapult 130mm SPG



Planeman 2010

Ovih 40 sistema će zameniti jednak broj oruđa *Catapult Mk I* razvijenih od strane kompanije CVRDE na kojima je top M-46 postavljen na produženu šasiju tenka domaće proizvodnje *Vijayanta (Vickers Mk 1)*, na slici.

Artiljerijski direktorat pri indijskoj komandi se žuri da ovi sistemi postanu operativni u što kraćem roku da bi bili što brže raspoređeni na pakistanskoj granici, u oblasti severne Indije.

Šasija tenka *Arjun* (bez kupole) sadrži otvoreni deo na sredini na kome se nalaze top i posada ali zadržava mesto vozača kao i na prethodnoj platformi a dodat je i metalni zaštitni krov.

Pri elevaciji od 14.5 stepeni, top od 130 mm na sistemu *Catapult MK II* ima domet od 27 km i može gađati samo dok je oruđe stacionarno. Hibridni sistem ima 36 dvodelnih granata.

Stručnjaci i artiljerijski oficiri kažu da masivniji *Catapult Mk II*, sa motorom od 1400 KS nemačkog proizvođača MTU može bolje apsorbovati povratni trzaj u odnosu na prethodnu lakšu verziju koju je pokretao motor *Leyland* od 535 KS.

Sistem će biti ekonomičniji sa obzirom da šasija tenka *Arjun* vredi oko 1.8–2.2 miliona USD dok će vojska besplatno obezbediti potrebni kontigent topova M - 46 koji su povučeni iz naoružanja.

Indija je država koja je od Moskve poručila najveći broj topova M-46, oko 800 komada, koji su nabavljeni u periodu od 1960 do sada. Topovi su uspešno upotrebljavani u ratu sa Pakistanom 1971 godine. Izraelska kompanija *Sohtam* je konvertovala jedan deo topova u haubice 155 mm/dužine cevi 45 kalibara u periodu od 2001. pa nadalje. Te haubice su i dalje u operativnoj službi.

Dragan Vučković

Iran prikazuje najnovija oklopna vozila⁸

Iran je predstavio dva tipa lako oklopljenih transportera, jedan točkaš a drugi guseničar za vreme Svete nedelje odbrane tokom septembra prošle godine.

Oba vozila su već viđena tokom vežbi održanih u januaru 2012. g.

Iako je vozilo prethodno identifikovano kao *Sarir* a sada kao *Talaeiyeh*, vozilo sa pogonom na sva četiri točka izgleda kao potpuno novi projekat.

Kupola na vozilu izgleda identično kupoli na ruskom izviđačkom vozilu BRDM-2 kao i na vozilu BTR-60PB 8X8. Točkovi su takođe vrlo slični onima sa ruskog vozila.

Kupola kojom ručno rukuje jedan poslužilac nije stabilizovana i opremljena je teškim mitraljezom KVPT 14.5 mm kao i spregnutim mitraljezom PKT, 7.62 mm. Iako Iranci tvrde da novo vozilo ima sve karakteristike amfibije primerak koji je prikazan iranskim medijima nije bio opremljenim vodenim mlaznicama karakterističnim za amfibijska vozila. Takođe usisnici vazduha su smešteni nisko na prednjem delu šasije što je pokazatelj da vozilo ipak nema karakteristike amfibije.

Novi guseničar se zove *Howeizeh* i po konceptu je sličan nemačkom vozilu *Wiesel 2*, proizvodu kompanije *German Rheinmetall* koji nije bio namenjen izvozu.

Iako poseduje sličnu pogonsku grupu, dizajn šasije se razlikuje od vozila *Wiesel 2*. Motor i prostor za vozača su smešteni mnogo više napred, na taj način obezbeđujući veći unutrašnji prostor za posadu.

Dragan Vučković

⁸ IHS Jane's Defence Weekly 10 October 2012.

*Northrop Grumman završava unapređenje
radara na svim bombarderima B-2⁹*



Kompanija *Northrop Grumman* završila je sve radove oko instalacije poboljšanog radarskog sistema za operativnu flotu bombardera B-2 *Spirit*. Svi operativni bombarderi, njih 15, sada poseduju AN/APQ 181 radarske sisteme koji su unapređeni ugradnjom rešetkaste antene za aktivno elektronsko skeniranje (*active electronically scanned array AESA*). Takođe su unapređena dva bombardera koji nisu u operativnom statusu dok će radovi na preostala dva biti uskoro završeni.

Program modernizacije radara za letelice B-2 je obavljen u bazi američkih vazduhoplovnih snaga *Whiteman* u državi Misuri. Radovi su obavljeni u dve faze. U toku prve faze sistemskog razvoja i demonstracije programa kompletirano je prvih pet letelica a zatim su završene i ostale letelice, njih deset, u periodu od četvrtog kvartala 2010. i prvog kvartala 2012. godine kao deo programa modernizacije radara.

Povrh modernizacije urađene za ovih 15 letelica, još jedan B-2 je unapređen u okviru procesa održavanja i modernizacije. Dva od preostala četiri bombardera B-2 koji nisu u operativnoj upotrebi prošla su program održavanja i modernizacije u bazi *Edwards* u državi Kaliforniji dok će preostali par B-2 proći kroz istu proceduru u 'bliskoj budućnosti'.

Sa radijusom dejstva, bez dodatnog punjenja goriva, od 11000 km (do 18500 km sa jednim vazdušnim punjenjem), B-2 je jedino sredstvo u američkom vojnom inventaru koje može poneti veliki korisni teret u neprijateljsku vazдушnu zonu.

Zbog takvih okolnosti, američko vazduhoplovstvo je mnogo investiralo u program unapređenja namenjen održavanju i unapređenju flote bombardera koja ima više od dvadeset godina.

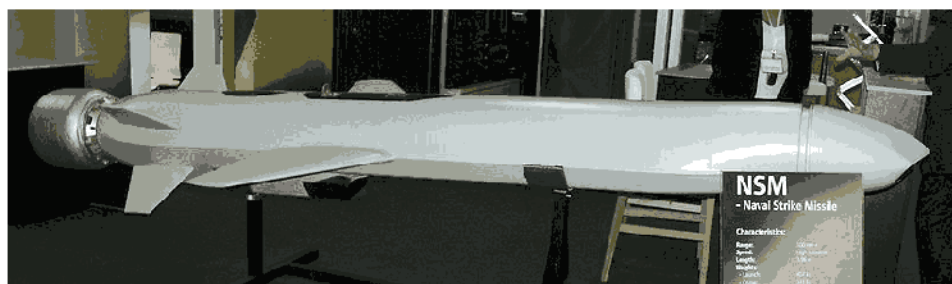
⁹ IHS Jane's Defence Weekly 10 October 2012.

Ukupno je skoro deset milijardi dolara uloženo u ovu svrhu.

Pored postojećeg programa modernizacije, ovaj program podrazumeva i unapređenje interfejsa u vezi prikazivanja podataka o oružanim sistemima u kabini radi upotrebe bombi malog dijametra (*Small diameter Bomb II SDB II*), bombi za uništavanje bunkera od 30,000 funti (*Massive Ordnance Penetrator MOP*), unapređenje komunikacionog sistema i instalaciju univerzalnog interfejsa za naoružanje (*Universal Armament Interface UAI*) u cilju standardizacije fizičkih konekcija i komunikacionih protokola između letelice i naoružanja.

Dragan Vučković

Norveška mornarica ispaljuje svoj prvi NSM¹⁰



Kraljevska norveška mornarica je prvi put ispalila raketu NSM (*Naval Strike Missile*) i na taj način napravila veliki korak napred u razvoju oružanog sistema.

Uspešna proba je izvršena sa korvete klase *Skjold*, KNN *Glimt*. Test je izveden 10 oktobra 2012. g. u opitnom centru *Andøya* koji se nalazi u severnom delu Norveške.

NSM je razvila kompanija *Kongsberg Defence Systems* na osnovu zahteva za projektilom vrlo male radarske vidljivosti koji može probiti odbranu brodskih sistema i koji može delovati na velikim morskim površinama kao i u priobalju. Kompanija opisuje NSM kao prvu u svetu navođenu raketu zemlja – zemlja 'pete generacije'. Raketa ima borbeni radijus do 200 km. Projektovana sa izrazitim manevarskim osobinama. Kreće se tik iznad površine vode kombinujući GPS vođenje sa naprednim dvokanalnim infracrvenim tragačem.

Projektil je nakon ispaljivanja leteo vrlo nisko iznad površine mora prelazeći razdaljinu po predefinisanim putanjama za vreme leta koji je trajao više od 100 km. U zadnjoj fazi leta, projektil je zahvatio cilj, u ovom slučaju rashodovanu norvešku korvetu KNN *Aeger* koja se nalazila ukotvljena u *Anfjorden*-u i raketa je eksplodirala na način kao što je i bilo planirano.

Dragan Vučković

¹⁰ IHS Jane's Defence Weekly 17 October 2012.

Novi detalji o ponudi oklopnih transportera za marince¹¹

Marinski oklopni transporter kompanije *BAE Systems* napravljen na osnovu vozila *SUPERAV* kompanije *Iveco*, izložen je u marinskoj bazi *Quantico*, u državi *Virdžinija*. Kompanija je ovom prilikom montirala oružanu platformu sa kupolom *DROWS* kompanije *Kongsberg*.



Vozilo kompanije Lockheed Martin sa metalnom zaštitom od ručnih raketnih bacača



¹¹ IHS Jane's International Defence Review November 2012.

Dva uspešna ponuđača za program Marinskog oklopnog transportera namenjen američkom marinskom korpusu (*US Marine Corps, USMC*) prikazali su svoja vozila na godišnjem sajmu.

Američki marinski korpus je u avgustu 2012. godine dodelio četiri ugovora za evaluaciju platformi za planiranu nabavku 579 vozila.

Ugovori predviđaju cenu jednog vozila od 3,5 miliona dolara i dodeljeni su kompanijama *Lockheed Martin*, *BAE Systems*, *General Dynamics Land Systems* i kompaniji *SAIC*.

Kompanija *Lockheed Martin* se udružila sa finskom kompanijom *Patria Land Systems* u cilju ponude modularnog oklopnog vozila *Havoc 8X8*. Vozilo se nalazi u naoružanju nekoliko evropskih zemalja i u operativnoj upotrebi je u Avganistanu u okviru poljskog kontingenta.

Na osnovu prezentirane dokumentacije, vozilo se kreće brzinom od 4.3–7 čvorova u vodi i 65 milja/h na putevima. Pokreće ga dizel motor od 54 KS sa obrtnim momentom od 1,500 funti po stopi.

Havoc nema V oblikovano telo nego 'podokvir' koji služi za rasipanje dejstva eksplozije ispod vozila i apsorbovanja gelera. Vozilo takođe poseduje protiv-eksplozivni sloj i anti-šok sedišta.

Američki marinski korpus još nije precizirao zahteve povodom kupole ali je kompanija *Lockheed Martin* predstavila istu kupolu sa bacačem granata 40 mm i mitraljezom kalibra .50 koja je trenutno u upotrebi na marinskim jurišnim amfibijskim vozilima.

U međuvremenu, kompanija *BAE Systems* je ušla u partnerstvo sa kompanijom *Iveco* u cilju ponude italijanske firme *SUPERAV* sa vozilom 8X8 koji je prikazan sa kupolom kompanije *Kongsberg*. Kupola *CROWS* ima mitraljez kalibra .50 sa daljinskim upravljanjem.

Ovaj model ima turboprehranjivani dizel motor *Iveco Cursor* od 6 litara, snage 560 KS i obrtnog momenta od 1,622 funti po stopi. Vozilo se kreće brzinom od 5.2 čvora u vodi i oko 65 milja na sat po putevima. Transporter je takođe otporan na eksplozije.

Kompanija *General Dynamics Land Systems* je ponudila jednu od varijanti transportera iz porodice vozila *Piranha* dok je kompanija *SAIC* ušla u partnerski odnos sa kompanijom iz Singapura *ST Kinetics* radi izrade vozila 8X8 *TERREX*. Međutim ova dva transportera još nisu prikazana.

Marinci planiraju evaluaciju sva četiri vozila u smislu njihovih amfibijskih sposobnosti, sposobnosti preživljavanja, 'ljudskog faktora' kao što je broj ukrcanih vojnika.

Ova klasa transportera mora obezbediti isti nivo zaštite kao što poseduje MRAP klasa vozila odnosno zaštita od mina i zasednih dejstava i mora težiti između 20.4 i 25 tona. Trenutni zahtevi su obezbeđenje uslova transporta za jedno naoružano odeljenje u dva vozila.

Dragan Vučković

Novi paket za modernizaciju za T 72M1¹²

Ruska kompanija *UralVagonZavod* je razvila novi paket za modernizaciju još uvek veoma prisutnog tenka T-72M1. Paket pokriva tri ključne oblasti – oklop, mobilnost i vatrenu moć a takođe uključuje i komandno kontrolne funkcije. Ovakav paket izjednačava tenk T-72 M1 sa znatno modernijim T-90 kao i sa nekim verzijama modernizovanih T-90.



Prvobitna verzija T-72M1 je imala oklopno telo od zavarenog čelika i kupolu od livenog čelika koja je na prednjoj strani imala ploče koje su u sebi sadržavale slojeve modernog pasivnog oklopa u cilju bolje balističke zaštite. Ploče eksplozivno-reaktivnog oklopa (ERA) tipa 'Relict' bile su instalirane svuda oko kupole. Tvrdilo se da takav oklop štiti posadu tenka ne samo od projektila sa kinetičkom snagom već i od visoko eksplozivnih protivtenkovskih projektila (HEAT).

Sa svake strane glavnog naoružanja nalazi se pet špicastih modula sa eksplozivno-reaktivnim oklopom dok se krovu kupole nalazi 20 ERA modula koji obezbeđuju zaštitu od napada odozgo.

Nove mere zaštite obuhvataju i instalaciju elektromagnetskog sistema za koji se navodi da pruža zaštitu od protivtenkovskih mina sa magnetskim upaljačem.

Automatski sistem za detekciju eksplozija i protivpožarnu borbu se nalazi u okviru odeljenja za posadu i on se aktivira putem optičkih senzora. Takođe je instaliran sistem za detekciju i protivpožarnu zaštitu u okviru motornog odeljenja.

Novi paket podrazumeva i integrisani kontrolni sistem koji upozorava posadu da je vozilo ozračeno laserima koji rade na spektralnim dužinama od 0.65 do 1.54 μm kao i dva reda od šest bacača granata tip 902D kalibra 81 mm. Proizvođač tvrdi da ovaj sistem može ometati vođenje poluautomatskih protivtenkovskih vođenih raketa sa nišanskim sistemom SACLOS.

Originalni top je zamenjen najnovijim modelom 2A46M sa glatkom cevi za koji se tvrdi da je precizniji uz manje rasipanje vatreneog dejstva.

Top ispaljuje konvencionalne dvodelne projektele uključujući potkalibarni penetrator sa traserom (3VBM17 sa projektilom 3BM42) zatim HEAT projektele sa traserom (3VBK16 sa projektilom 3BK18M) i razorno-fugasne projektele sa traserom (HE-T 3VOF36 sa projektilom 30F26).

¹² IHS Jane's International Defence Review November 2012.

Iz osnovnog naoružanja moguće je ispaljivati i najnoviji lasersko vođeni projektil ZUBK20 koji omogućuje tenku napad na ciljeve udaljene i do 5000 m.

Tenk ukupno nosi 38 granata od 125 mm od kojih se 22 nalaze u automatskom punjaču što omogućava veću brzinu gađanja. Povrh toga je smešteno i 5 laserski vođenih raketa.

Kupola komandira se nalazi na desnoj strani krova i naoružana je mitraljezom 6P49 od 12,7 mm sa eksternom municijom na desnoj strani u kojoj se nalazi 300 metaka. Montiran je monokularni optički periskop PZU-7 sa povećanjem slike X 1.2 a upotreba mitraljeza je moguća iz samog vozila što znatno utiče na bezbednost poslužioca. Mitraljez je moguće okretati za svih 360 stepeni sa elevacijom oružja od -3 do +66 stepeni. Smešteno je dodatnih 1500 komada municije za spregnuti mitraljez od 7,62 mm.

U cilju pogotka prvim projektilom u stacionarnu ili pokretnu metu, modernizovani T-72M1 poseduje novi kompjuterizovani sistem za upravljanje vatrom (SUV) sa potpuno novom optronikom. SUV dobija podatke od laserskog daljinomera kao i sve podatke o temperaturi punjenja i atmosferskim promenama uključujući i spoljnu temperaturu.

Nišandžija poseduje novi *Sosna-U* nišanski sistem u dve ravni koji uključuje dnevni kanal, termalni kanal, laserski daljinomer i kanal za lasersko vođenje raketa koji ima mogućnost automatskog praćenja. Montiran sa desne strane nišanske sprave nalazi se TPD - 1K paralelni nišanski daljinomer. Komandir i nišandžija imaju svoje video displeje.

Komandir takođe može gađati iz osnovnog naoružanja od 125 mm kao i iz spregnutog mitraljeza 7,62 mm a on je opremljen i sa opremom za nišanje i osmatranje TO1 - KO4.

Ovaj paket trenutno ne podrazumeva stabilizovanu, nezavisnu, panoramsku, dnevno/noćnu komandirovu nišansku spravu koja bi omogućila akviziciju meta po principu lovac/ubica.

Prvobitni dizel motor V 12 od 840 KS je zamenjen jačim tečno hlađenim dizel motorom V 12 V-92S2 od 1000 KS koji se može upotrebljavati na visokim temperaturama. Motor je uparen sa potpuno automatizovanim menjačem radi manjeg opterećenja vozača.

Sa borbenom težinom od 46 tona T-72M1 ima maksimalnu brzinu od 60 km/č na putu sa odnosom snage i težine od 21,73 KS/T.

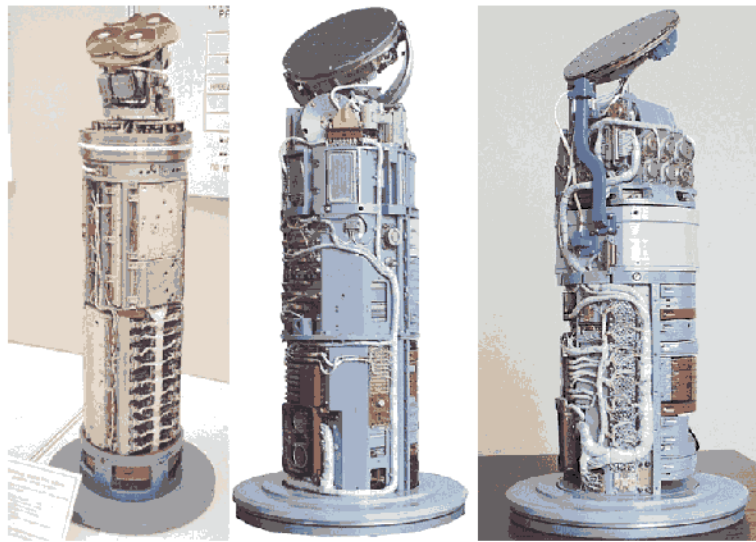
U cilju unapređenja terenske prohodnosti originalno vešanje je modernizovano. Montirani su novi, veći, gumom obloženi točkovi sa većom nosivošću, nove torzione šipke i novi poboljšani hidraulični amortizeri za 30 do 40 procenata jači kao i gusenice sa zamenljivim gumenim pločama.

Ugrađen je i sistem za upravljanje u borbi koji sadrži satelitsku navigaciju, procesor za mapiranje i radio uređaj USW R-168-25UE-2 kao i interkom sistem.

Standardnu opremu predstavlja zaštitni NBH sistem koji radi automatski i ručno a snabdeva ga električni sistem vozila od 27 V.

Dragan Vučković

Ukrajinske kompanije se udružuju u cilju razvoja tragača za raketu R-27¹³



Tri najistaknutije ukrajinske kompanije za razvoj raketa i elektronike dogovorile su se o razvoju novog aktivno/pasivnog radara u dvostrukom režimu rada za tragače na radarski navođenim raketama vazduh-vazduh. Ovaj paket za navođenje nije namenjen za novi raketni program već za modernizaciju postojećih modela *Vympel* R-27 (AA-10 *Alamo* A/C/E/F) raketa vazduh-vazduh.

Tragač neće biti predstavljen kao alternativa ruskom RVV-AE (AA-12), raketi sa aktivnim radarskim navođenjem.

Ovaj tragač je namenjen kao opcija modernizacije za one države koje još imaju veliki broj raketa vazduh-vazduh R-27 ER opremljene starijom generacijom polu-aktivnog tragača AGAT 9B-1101 K ili za modele koji su opremljeni pasivnim tragačem *Avtomatika* 9B-1032 odnosno raketom R-27 P/EP.

Poluaktivna radarski navođena raketa R-27 je izvožena svakoj državi koja je u svom naoružanju posedovala avione MiG-29, Su-27/Su-30 ili druge ruske lovce.

Ovaj poluaktivni navođeni radarski sistem je star više od 30 godina i sve je manje relevantan u modernoj vazdušnoj borbi. Razlog tome je uvođenje u naoružanje sve većeg broja raketa vazduh-vazduh sa aktivnim navođenjem, dramatično povećanje daljine otkrivanja aviona sa modernih vazdušnih radarskih platformi i današnja digitalna elektronika koja je sve efikasnija u borbi protiv poluaktivnih radarski vođenih raketa.

Kompanije koje učestvuju u ovom projektu su *Radionix*, najveća ukrajinska kompanija za proizvodnju radara i uređaja za elektronsko ratovanje, projektni biro *Luch* i kompanija *Kiev Radar* koja trenutno proizvodi modernizovanu verziju polu-aktivnog tragača 9B-1101K.

¹³ IHS Jane's International Defence Review November 2012.

Dizajn ovog novog tragača biće sličan po svojoj funkciji aktivno/pasivnom tragaču koji je razvio Moskovski istraživački institut AGAT. Sačinjavaće ga centralni aktivni tragač koji će se nalaziti u sredini prstena manjih pasivnih anti-radijacionih antena. Ovaj tragač će biti u mogućnosti da se prebacuje iz aktivnog u pasivni režim rada u momentu završne faze zahvatanja ili zaključavanja cilja. To izuzetno otežava odbranu od rakete i povećava mogućnost preživljavanja lansirne platforme.

Dizajn tragača predstavlja modernizaciju prethodne generacije tragača ali promenom režima rada tragača od polu-aktivnog ka aktivno/pasivnom režimu ili ka aktivnom/pasivnom dvostrukom režimu rada biće iskorišćena postojeća osnova tragača 9B-1101K u cilju smanjenja troškova.

Dragan Vučković

Rusija: Uspešne probe interkontinentalih i krstarećih raketa¹⁴

Rusija je u oktobru 2012. godine izvršila uspešne probe dve interkontinentalne rakete, sa dva kraja zemlje, lansirajući ih iz podzemnog bunkera i sa mora, pri čemu je svaka prevalila više od 6.000 kilometara u suprotnom pravcu, dok su vojno-vazduhoplovne snage lansirale četiri krstareće rakete.



U okviru prve probe, sa kosmodroma Pleseck, u Arhangelskoj oblasti, na severu Rusije, uspešno je lansirana interkontinentalna balistička raketa „Topolj“, koja je u zadato vreme pogodila cilj na Kamčatki.

¹⁴ Glas Rusije.

Cilj lansiranja je bila potvrda stabilnosti osnovnih letno-tehničkih karakteristika rakete te klase u periodu roka eksploatacije produžene do 24 godine i procena mogućnosti produženja roka korišćenja do 25 godina – objasnio je Kovalj.

Druga proba izvedena je iz akvatorije Ohotskog mora odakle je lansirana dvostepena interkontinentalna raketa R-29R do poligona Čiža na severu zemlje.

Raketa je lansirana sa atomske podmornice Pacifičke flote „Sveti Georgije Pobedonosac“ koja se nalazila pod vodom.

Lansiranje rakete, kako je dodao, bilo je potrebno radi provere pouzdanosti pomorskih strateških nuklearnih snaga po planu borbene pripreme, objasnio je predstavnik i dodao da je uspešno lansiranje pokazalo visok stepen efikasnosti sistema borbenog upravljanja pomorskim strateškim nuklearnim snagama.

Treće lansiranje izvele su vojno-vazduhoplovne snage Rusije, a prema saopštenju Ministarstva odbrane, ono je bilo redovni deo planske borbene pripreme.

Posade avijacije dalekog dometa Vojno-vazduhoplovnih snaga poletele su na nosačima raketa Tu-160 i Tu-95 iz vazduhoplovne baze „Engels“, u Saratovskoj oblasti.

Posade su obavile let dug 15 sati i uspešno lansirale četiri krstareće rakete po određenim ciljevima na poligonu Pemboj, u Republici Komi, a sve rakete su pogodile cilj.

Time je uspešno završeno testiranje takozvane ruske „trijade“ – sistema nuklearne odbrane sa kopna, mora i iz vazduha koji već decenijama čini okosnicu nacionalne bezbednosti zemlje.

Pre nekoliko meseci „Topolj“ je imao još jednu uspešnu probu, sa poligona Kapustin Jar u Astrahanjskoj oblasti pogodio je osnovni cilj na poligonu Sari-Šargan u Kazahstanu.

Garancijski rok „Topolja“ je isprva bio 10 godina, ali su probe pokazale da te rakete, koje su glavna udarna snaga raketnih jedinica strateške namene, mogu da služe duže.

Nebojša Gaćeša

Drugi nevidljivi kineski avion¹⁵

Drugi nevidljivi borbeni avion, koji je predstavljen početkom novembra 2012. godine je deo programa kojim se Kina potvrđuje kao svetska vojna sila.

Avion „J 31“ je tom prilikom obavio svoj prvi let nad provincijom Liaoning.

Ovo je drugi potpuno novi avion koji je izrađen u Kini u poslednje dve godine, i pokazuje impresivan nivo tehničkog razvoja.

Kinesko Ministarstvo odbrane nije želelo da komentariše ništa u vezi novog aviona. Prethodni nevidljivi avion J20 je teža letelica i činilo se da je teži za manevrisanje od novog.

¹⁵ Tanjug.



Avion J31

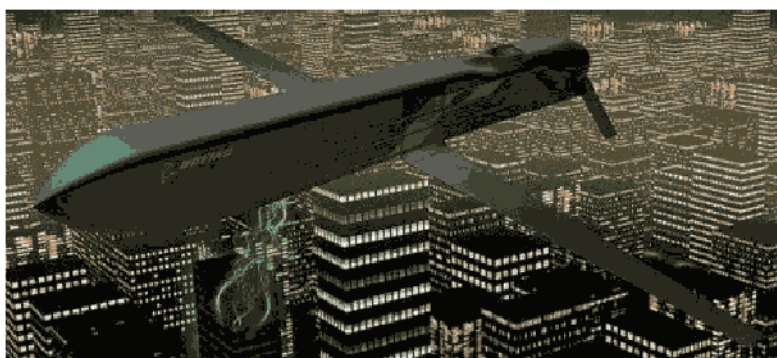
Sposobnosti kineske vojske bile su iza SAD, ali Kina intenzivno radi na povećanje svoje moći, uključujući i nabavku prvog nosača aviona, kupljenog u septembru 2012. g. od Ukrajine.

Kao i američki avioni F22 i F35, J20 i J31 će dopunjavati jedni druge u budućim operacijama.

Nebojša Gaćeša

Oružje budućnosti: Projektil koji mikrotalasima „prži“ kompjutere i bezopasan je za ljude¹⁶

Proizvođač aviona „Boing“ uspešno je testirao projektil koji onespособljava kompjutere mikrotalasima, čime su pretvorene u stvarnost nekadašnje fantazije autora naučne fantastike.



Tokom jednočasovnog leta projektil, koji je bezopasan za ljude, onespособio je sve kompjutere unutar vojnog kompleksa u pustinji američke savezne države Jute.

Stručnjaci veruju da bi ovaj projektil mogao da proдре u neprijateljske bun-kere i pećine za koje se sumnja da se u njima kriju nuklearna postrojenja. Oni, međutim, upozoravaju da bi ova tehnologija, ukoliko dospe u pogrešne ruke, mogla da bude iskorišćena za onespособljavanje velikih gradova.



„Boingova“ letelica šalje mikrotalase na vojno vozilo

¹⁶ Blic, 03. 12. 2012.

Tokom „Boingovog“ eksperimenta projektil je leteo iznad područja za testiranje i obuku u Juti, „gađajući“ elektromagnetnim talasima sedam meta, i tom prilikom trajno onesposobio sve elektronske uređaje.

Takozvani CHAMP (Counter-Electronics High Power Microwave Advanced Missile Project) prvi je testirani projektil sa sposobnošću emitovanja elektromagnetnih pulseva. U projekat CHAMP uloženo je 38 miliona dolara, a razvijen je pre četiri godine na zahtev Pentagona po nalogu Istraživačke laboratorije američkog ratnog vazduhoplovstva

Nebojša Gaćeša

Testirana raketa Severne Koreje može do američke obale¹⁷

Nedavno lansirana raketa Severne Koreje sposobna je da nosi bojeve glave na razdaljini većoj od 10.000 kilometara, što je dovoljno da dopre do američke teritorije, smatra južnokorejsko ministarstvo odbrane.



Ministarstvo je do takvog zaključka došlo na osnovu informacija prikupljenih sa pronađenog dela rakete u vodama na zapadnoj obali Južne Koreje, prenela je agencija Jonhap.

Ostaci rakete sugerišu da raketa ima dovoljan domet da stigne do američke zapadne obale sa nuklearnim oružjem težine od 500 do 600 kilograma, smatraju stručnjaci ministarstva odbrane.

Sevema Koreja je ispalila 12. decembra 2012. g. trodelnu raketu „Mlečni put“, s ciljem da, kako je Pjongjang naveo, postavi posmatrački satelit u orbitu Zemlje.

SAD, Japan i Južna Koreja, međutim, smatraju da je lansiranje predstavljalo kamuflažu za probu rakete dugog dometa.

Prvi deo rakete pao je u more u blizini obale Korejskog poluostrva, dok je drugi deo pao u more istočno od Filipina.

Izvađeni komad prvog dela rakete nađen je na morskom dnu oko 160 kilometara zapadno od luke Gunsan, na dubini od 80 metara.

Pre prošlog lansiranja rakete u aprilu, koje je bilo neuspešno, Severna Koreja je upozorila Japan i Južnu Koreju da će svaki pokušaj vađenja ostataka rakete biti smatran za „čin rata“.

Nebojša Gaćeša

¹⁷ Blic, 23. 12. 2012.

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 (www.vtg.mod.gov.rs, ISSN 0042-8469 – štampano izdanje, ISSN 2217-4753 – online, UDC 623+355/359) jeste multidisciplinarni 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 systemske podrške, oblasti osnovnih, primenjenih i razvojnih istraživanja, kao i proizvodnju i upotrebu sredstava naoružanja i vojne opreme, i ostala teorijska i praktična dostignuća koja doprinose usavršavanju pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije.

Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije, saglasno odluci iz člana 27. stav 1. Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, saglasno odluci iz člana 27. stav 1. tačka 4), a po pribavljenom mišljenju iz člana 25. stav 1. tačka 5) Zakona o naučnoistraživačkoj delatnosti („Službeni glasnik RS“, br. 110/05, 50/06-ispr. i 18/10), utvrdilo je kategorizaciju Vojnotehničkog glasnika, za 2012. godinu:

za oblast **osnovna istraživanja**:

– na listi časopisa za matematiku, računarske nauke i mehaniku: kategorija naučni časopis nacionalnog značaja (M₅₂),

za oblast **tehnološki razvoj**:

– na listi časopisa za materijale i hemijske tehnologije: kategorija naučni časopis nacionalnog značaja (M₅₂),

– na listi časopisa za elektroniku, telekomunikacije i informacione tehnologije: kategorija naučni časopis (M₅₃),

– na listi časopisa za mašinstvo: kategorija naučni časopis (M₅₃).

Usvajene liste domaćih časopisa za 2012. godinu mogu se videti na sajtu Vojnotehničkog glasnika, stranica Kategorizacija časopisa.

Detaljnije informacije mogu se pronaći i na sajtu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Podaci o kategorizaciji mogu se pratiti i na sajtu KOBSON-a (Konzorcijum biblioteka Srbije za objedinjenu nabavku).

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).

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 1,5 bod (kategorija M₅₂) i 1 bod (kategorija M₅₃).

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.

Radovi se predaju putem onlajn sistema za elektronsko uređivanje ASEESTANT, koji je razvio Centar za evaluaciju u obrazovanju i nauci (CEON).

Pristup i registracija za servis vrše se na sajtu www.vtg.mod.gov.rs, preko stranice SCINDEKS, opcija ASEESTANT (aseestant.ceon.rs/index.php/vtg).

Detaljno uputstvo o registraciji i prijavi za servis nalazi se na sajtu www.vtg.mod.gov.rs, stranica Uputstvo za e-Ur: Elektronsko uređivanje – ASEESTANT.

Vojnotehnički glasnik objavljuje članke na srpskom, engleskom, ruskom, nemačkom ili francuskom jeziku (arial, srpska latinica, veličina slova 11 pt, prored Single).

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 oko jednog autorskog tabaka (16 stranica formata A4 sa proredom Single), a najviše 24 stranice.

Članak treba da bude napisan na obrascu za pisanje članka, koji se u elektronskoj formi može preuzeti sa sajta na stranici Obrazac za pisanje članka.

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 sa strane 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 kolicaciju (godina, volumen, sveska, početna i završna stranica). Naslovi časopisa i članka mogu se dati u skraćenom obliku.

Ime autora

Navodi se puno ime i prezime (svih) autora. Veoma je poželjno da se navedu i srednja slova autora. Imena i prezimena 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, Univerzitet u Beogradu, Vojna akademija, Katedra prirodno-matematičkih nauka, 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 neobjavljivani 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 preliminarog 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 stranici sajta spisak recenzenata.

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 (ruski, nemački ili francuski).

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 članaka. 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 (ruskom, nemačkom ili francuskom) jeziku poželjno je da se, pored sažetka na srpskom (ruskom, nemačkom ili francuskom), 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 sa početka članka). Početak ovog rezimea može biti prevedeni sažetak (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. Nakon rezimea na engleskom jeziku (proširenog sažetka) dodaje se njegov prevod na srpskom, da bi redakcija izvršila proveru i 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 jeziku na kojem je napisan članak (sažetak) i na engleskom jeziku. U članku se pišu neposredno nakon sažetka, odnosno nakon rezimea.

Sistem ASEESTANT u tu svrhu koristi specijalnu alatku KWASS: automatsko ekstrakovanje ključnih reči iz disciplinarnih tezaurusa/rečnika po izboru i rutine za njihov odabir, tj. prihvatanje odnosno odbacivanje od strane autora i/ili urednika.

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 (preštampati), ni pod sličnim naslovom i izmenjenom obliku.

Tabelami 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.

Vojnotehnički glasnik za referenciranje (citiranje i navođenje literature) primenjuje Harvardski sistem referenci, odnosno Harvardski priručnik za stil (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual). U samom tekstu, u običnim zagradama, na mestu na kojem se vrši pozivanje, odnosno citiranje literature nabrojane na kraju članka, obavezno u običnoj zagradi napisati prezime citiranog autora, godinu izdanja publikacije iz koje citirate i, eventualno, broj stranica. Npr. (Petrović, 2012, pp.10–12).

Detaljno uputstvo o načinu citiranja, sa primerima, dato je na stranici sajta Uputstvo za Harvardski priručnik za stil. Potrebno je da se pozivanje na literaturu u tekstu uradi u skladu sa pomenutim uputstvom.

Sistem ASEESTANT u svrhu kontrole navođenja (citiranja) u tekstu koristi specijalnu alatku CiteMatcher: otkrivanje izostavljenih citata u tekstu rada i u popisu referenci.

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 ne prevode na jezik rada i nabrajaju se u posebnom odeljku na kraju članka.

Vojnotehnički glasnik, kao način ispisa literature, primenjuje Harvardski sistem referenci, odnosno Harvardski priručnik za stil (Harvard Referencing System, Harvard Style Manual).

Literatura se nabraja po abecednom redosledu, navodeći najpre prezimena autora, bez numeracije.

Detaljno uputstvo o načinu popisa referenci, sa primerima, dato je na stranici sajta Uputstvo za Harvardski priručnik za stil. Potrebno je da se popis literature na kraju članka uradi u skladu sa pomenutim uputstvom.

Nestandardno, nepotpuno ili nedosledno navođenje literature u sistemima vrednovanja časopisa smatra se dovoljnim razlogom za osporavanje naučnog statusa časopisa.

Sistem ASEESTANT u svrhu kontrole pravilnog ispisa liste referenci koristi specijalnu alatku RefFormatter: kontrola oblikovanja referenci u skladu sa Harvardskim priručnikom za stil.

Propratno pismo

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.

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, broj lične karte i JMB građana.

Ako je više autora članka, u propratnom pismu se navodi pojedinačni procentualni udeo radi obračuna honorara.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije honoriraju se prema važećim propisima.

Adresa redakcije: Vojnotehnički glasnik, 11000 Beograd, Braće Jugovića 19.
E-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.

Odgovorni urednik
Nebojša Gaćeša
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs
tel.: 011/3349-497,
064/8080-118

CALL FOR PAPERS AND ARTICLE FORMATTING INSTRUCTIONS

The instructions to authors about the article preparation for publication in the *Military Technical Courier* are based on the Act on scientific journal editing of the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia, No 110-00-17/2009-01 of 9th July 2009. This Act aims at improving the quality of national journals and raising the level of their compliance with the international system of scientific information exchange. It is based on international standards ISO 4, ISO 8, ISO 18, ISO 215, ISO 214, ISO 18, ISO 690, ISO 690-2, ISO 999 and ISO 5122 and their national equivalents.

THE MILITARY TECHNICAL COURIER (www.vtg.mod.gov.rs, ISSN 0042-8469 – print issue, ISSN 2217-4753 – online, UDC 623+355/359) is a multidisciplinary scientific journal of the Ministry of Defence of the Republic of Serbia. It publishes scientific and professional papers as well as technical data about contemporary weapon systems and modern military technologies. Offering a logistic system support, the *Courier* is a part of a unique technical support to the Army services in the field of fundamental, applied and development research. It also deals with production and use of weapons and military equipment as well as with theoretical and practical achievements leading to professional development of the personnel of the Ministry of Defence and the Army of the Republic of Serbia.

Pursuant to the decision given in Article 27, paragraph 1, point 4, and in accordance with the acquired opinion given in Article 25, paragraph 1, point 5 of the Act on Scientific and Research Activities (*Official Gazette of the Republic of Serbia*, No 110/05, 50/06-cor and 18/10), the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia classified the *Military Technical Courier* for the year 2012

in the **field fundamental research:**

– on the list of periodicals for mathematics, computer sciences and mechanics: category: scientific periodical of national interest (M₅₂),

in the **field technological development:**

– on the list of periodicals for materials and chemical technology, category: scientific periodical of national interest (M₅₂),

– on the list of periodicals for electronics, telecommunications and IT, category: scientific periodical (M₅₃),

– on the list of periodicals for mechanical engineering, category: scientific periodical (M₅₃).

The approved lists of national periodicals for the year 2012 can be viewed on the Military Technical Courier website, page Journal categorization.

More detailed information can be found on the website of the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

The information on the categorization can be also found on the website of KOBSON (Consortium of Libraries of Serbia for Unified Acquisition).

The periodical is categorized in compliance with the Regulations on the procedure and method of evaluation and quantitative formulation of scientific and research results of researchers, stipulated by the National Council for Scientific and Technological Development (*Official Gazette of RS*, No 38/2008). More detailed information can be found on the website of the Ministry of Education, Science and Technological Development.

In accordance with the Regulations and the table about types and quantification of individual scientific and research results (as a part of the Regulations), a paper published in the *Military Technical Courier* scores 1,5 (one and a half) point (category M₅₂) and 1 (one) point (category M₅₃).

The journal is in the Serbian Citation Index – SC index (data base of national scientific journals – details available at <http://scindeks.nb.rs>) and is constantly monitored depending on the impact within the base itself and on the international (Thompson-ISI) citation indexes.

Manuscripts are submitted online, through the electronic editing system ASEESTANT, developed by the Center for Evaluation in Education and Science – CEON.

The access and the registration are through the Military Technical Courier site <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-e.html>, on the page SCINDEKS, option ASEESTANT (aseestant.ceon.rs/index.php/vtg).

The detailed instructions about the registration for the service are on the website <http://www.vtg.mod.gov.rs/index-e.html>, on the page Instructions for e-Ur: Electronic Editing - ASEESTANT.

The Military Technical Courier publishes articles in Serbian, English, Russian, German or French, using Arial and a font size of 11pt with Single Spacing.

The article should contain the abstract with keywords, introduction, body, conclusion, references and the summary in English language (without heading and subheading enumeration). The article length should not exceed 24 pages of A4 paper format.

The article should be formatted following the instructions in the Article Form which can be downloaded from Article form.

Title

The title should be informative. It is in both Journal's and author's best interest to use terms suitable for indexing and word search. If there are no such terms in the title, the author is strongly advised to add a subtitle. The title should be given in English as well.

The titles precede the abstract and the summary in an appropriate language.

Letterhead title

The letterhead title is given at a top of each page for easier identification of article copies in an electronic form in particular. It contains the author's surname and first name initial (for multiple authors add "et al"), article title, journal title and collation (year, volume, issue, first and last page). The journal and article titles can be given in a shortened form.

Author's name

Full name(s) of author(s) should be used. It is advisable to give the middle initial. Names are given in their original form (with diacritic signs if in Serbian).

Author's affiliation

The full official name and seat of the author's affiliation is given, possibly with the name of the institution where the research was carried out. For organizations with complex structures, give the whole hierarchy (for example, Military Academy, Department for Military Electronic Systems, Belgrade). At least one organization in the hierarchy must be a legal entity. When some of multiple authors have the same affiliation, it must be clearly stated, by special signs or in other way, which department exactly they are affiliated with. The affiliation follows the author's name. The function and title are not given.

Contact details

The postal address or the e-mail address of the author (usually of the first one if there are more authors) is given in the footnote at the bottom of the first page.

Type of articles

Classification of articles is a duty of the editorial staff and is of special importance. Referees and the members of the editorial staff, or section editors, can propose a category, but the editor-in-chief has the sole responsibility for their classification.

Journal articles are classified as follows:

Scientific articles:

1. Original scientific paper (giving the previously unpublished results of the author's own research based on scientific methods);
2. Survey paper (giving an original, detailed and critical view of a research problem or an area to which the author has made a contribution visible through his self-citation);
3. Short or preliminary communication (original scientific paper of full format but of a smaller extent or of a preliminary character);
4. Scientific critique or forum (discussion on a particular scientific topic, based exclusively on scientific argumentation) and commentaries.

Exceptionally, in particular areas, a scientific paper in the Journal can be in a form of a monograph or a critical edition of scientific data (historical, archival, lexicographic, bibliographic, data survey, etc.) which were unknown or hardly accessible for scientific research.

Papers classified as scientific must have at least two positive reviews.

The list of referees of the Military Technical Courier can be viewed at List of referees.

If the journal contains non-scientific contributions as well, the section with scientific papers should be clearly denoted in the first part of the Journal.

Professional articles:

1. Professional paper (contribution offering experience useful for improvement of professional practice but not necessarily based on scientific methods);
2. Informative contribution (editorial, commentary, etc.);
3. Review (of a book, software, case study, scientific event, etc.)

Language

The article can be in Serbian, English or other language used in international communication in a particular scientific field (Russian, German or French).

The grammar and style of the article should be of good quality. The systematized text should be without abbreviations (except standard ones). All measurements must be in SI units. The sequence of formulae is denoted in Arabic numerals in parentheses on the right-hand side.

Abstract and summary

An abstract is a concise informative presentation of the article content for fast and accurate evaluation of its relevance. It is both in the Editorial Office's and the author's best interest for an abstract to contain terms often used for indexing and article search. The abstract describes the purpose of the study and the methods, outlines the findings and state the conclusions. A 100- to 250- word abstract should be placed between the

title and the keywords with the body text to follow. Besides an abstract in Serbian (Russian, German or French), articles in Serbian (Russian, German or French) are advised to have a summary in English, at the end of the article, after the Reference list. The summary should be structured and long up to 1/10 of the article length (it is more extensive than the abstract). It can start with the translated Serbian (Russian, German or French) abstract from the beginning of the article with translated main headings, subheadings and major conclusions to follow (Reference list is not translated). The structured summary should also contain the proportional informative parts of the text below the headings and subheadings.

Keywords

Keywords are terms or phrases showing adequately the article content for indexing and search purposes. They should be allocated heaving in mind widely accepted international sources (index, dictionary or thesaurus), such as the Web of Science keyword list for science in general. The higher their usage frequency is, the better. Up to 10 keywords immediately follow the abstract and the summary, in respective languages.

For this purpose, the ASEESTANT system uses a special tool KWASS for the automatic extraction of key words from disciplinary thesauruses/dictionaries by choice and the routine for their selection, i.e. acceptance or rejection by author and/or editor.

Article acceptance date

The date of the reception of the article, the dates of submitted corrections in the manuscript (optional) and the date when the Editorial Board accepted the article for publication are all given in a chronological order at the end of the article.

Acknowledgements

The name and the number of the project or programme within which the article was realised is given in a separate note at the bottom of the first page together with the name of the institution which financially supported the project or programme.

Article preliminary version

If an article preliminary version has appeared previously at a meeting in a form of an oral presentation (under the same or similar title), this should be stated in a separate note at the bottom of the first page. An article published previously cannot be published in the *Military Technical Courier* even under a similar title or in a changed form.

Tables and illustrations

All the captions should be in the original language as well as in English, together with the texts in illustrations if possible. Tables are typed in the same style as the text and are denoted by Arabic numerals at the top. Photographs and drawings, placed appropriately in the text, should be clear, precise and suitable for reproduction. Drawings should be created in Word or Corel.

Citation in the text

Citation in the text must be uniform. The Military Technical Courier applies the Harvard Referencing System given in the Harvard Style Manual. When citing sources within your paper, i.e. for in-text references of the works listed at the end of the paper, place the year of publication of the work in parentheses and optionally the number of the page(s) after the author's name, e.g. (Petrovic, 2012, pp.10-12). A detailed guide on

citing, with examples, can be found on Military Technical Courier website on the page Instructions for Harvard Style Manual. In-text citations should follow its guidelines.

For checking in-text citations, the ASESESTANT system uses a special tool CiteWatcher to find out quotes left out within papers and in reference lists.

Footnotes

Footnotes are given at the bottom of the page with the text they refer to. They can contain less relevant details, additional explanations or used sources (e.g. scientific material, manuals). They cannot replace the cited literature.

Reference list (Literature)

The cited literature encompasses bibliographic sources such as articles and monographs and is given in a separate section in a form of a reference list.

References are not translated to the language of the article.

In compiling the reference list and bibliography, the Military Technical Courier applies the Harvard System – Harvard Style Manual. All bibliography items should be listed alphabetically by author's name, without numeration. A detailed guide for listing references, with examples, can be found on Military Technical Courier website on the page Instructions for Harvard Style Manual. Reference lists at the end of papers should follow its guidelines.

In journal evaluation systems, non-standard, insufficient or inconsequent citation is considered to be a sufficient cause for denying the scientific status to a journal.

The covering letter

The article should be accompanied with a cover letter with the information about the author(s): surname, middle initial, first name, citizen personal number, rank, title, e-mail address, affiliation address, home address including municipality, phone number in the office and at home (or a mobile phone number), bank account and the name of the bank.

If there are more authors, their share in the article should be given in percents for honorarium calculation purposes.

The cover letter should state the type of the article and tell which illustrations are original and which are not.

All articles are peer reviewed. All authors and reviewers are paid an honorarium on publication of the article.

Address of the Editorial Office:
Vojnotehnički glasnik, 11000 Beograd,
Braće Jugovića 19.
E-mail: vojnotehnicki.glasnik@mod.gov.rs.
Managing Editor
Nebojša Gaćeša
nebojsa.gacesa@mod.gov.rs
tel.: +381 11 3349 497, +381 64 80 80 118

SPISAK RECENZENATA VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA

Zvanje, ime, srednje slovo i prezime	Ustanova i radno mesto	Oblast kompetencije (naučnog interesovanja)	e-mail
Pukovnik prof. dr Marko D. Andrejić	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, načelnik katedre logistike	logistika odbrane	markodandrejic@hotmail.com
Doc. dr Miloš Ž. Arsić	Pukovnik u penziji	menadžment saobraćajnom podrškom	misaarsa@yahoo.com
Vanr. prof. dr Vojislav J. Batinić	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, katedra vojnomasinskog inženjerstva	opšte mašinske konstrukcije	beregvojo@yahoo.com vojislav.batinic@va.mod.gov.rs
Vanr. prof. dr Stevan M. Berber	Univerzitet u Oклendу, departman elektrotehnike i računarskog inženjeringa, Oклend, Novi Zeland	elektronika i telekomunikacije	s.berber@auckland.ac.nz
Doc. dr Radivoje M. Biljić	Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, katedra za telekomunikacije	telekomunikacije, napadno navigacijski sistemi vazduhoplova, mikrotalasna tehnika, elektromagnetika, satelitski sistemi	biljic@etf.rs
Prof. dr Branislav A. Borovac	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, departman za industrijsko inženjerstvo i menadžment, katedra za mehatroniku, robotiku i automatizaciju	robotika	borovac@uns.ac.rs
Vanr. prof. dr Uglješa S. Bugarić	Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, katedra za industrijsko inženjerstvo	operaciona istraživanja, terotehnologija-održavanje, transportni i skladišni sistemi	ubugaric@mas.bg.ac.rs
Prof. dr Ilija Čosić	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, dekan fakulteta	industrijsko inženjerstvo i inženjerski menadžment	ftndeana@uns.ac.rs

Zvanje, ime, srednje slovo i prezime	Ustanova i radno mesto	Oblast kompetencije (naučnog interesovanja)	e-mail
Pukovnik vanr. prof. dr Goran D. Dikić	Ministarstvo odbrane, Univerzitet odbrane, prorektor za međuuniverzitetsku i međunarodnu saradnju	sistemi automatskog upravljanja, praćenje ciljeva, sistemi vođenja i upravljanja raketa	goran.dikic@mod.gov.rs
Pukovnik doc. dr Nenad P. Dimitrijević	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, rukovodilac poslediplomskih studija	bezbednost u saobraćaju, zaštita resursa u saobraćaju i transportu	neshadim@open.telecom.rs
Pukovnik vanr. prof. dr Radenko S. Dimitrijević	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, katedra vojnohemijaskog inženjerstva	eksplozivne materije, municija, ubojna sredstva	radenkod@beotelnet.rs marinadimitrijevic@rocketmail.com
Pukovnik vanr. prof. dr Boban D. Đorović	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, prodekan	proces i metode u saobraćaju i transportu, transportne mreže, organizacija transporta	lukema@ptt.rs
Prof. dr Vlado P. Đurković	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet Odbrane, Vojna akademija, katedra vojnomasinskog inženjerstva, načelnik odseka zajedničkih predmeta mašinstva	primenjena mehanika krutog i deformabilnog tela	vlado.djurkovic@va.mod.gov.rs djurkovic.vlado@gmail.com
Doc. dr Predrag M. Elek	Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, katedra za sisteme naoružanja	balistika na cilju, konstrukcija projektila, fizika eksplozije	pelek@mas.bg.ac.rs
Doc. dr Miljko M. Enić	Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, katedra za telekomunikacije	telekomunikacije, digitalna obrada signala, elektronsko izviđanje, radio-goniometrija, antenski nizovi, mikrofonski nizovi, array processing	meric@open.telekom.rs miljko.eric@etf.rs
Dr Miloš R. Filipović	naučni savetnik u penziji	energetski materijali (eksplozivi, pirotehnika, baruti i raketna goriva, sagorevanje, detonacija, eksplozija)	milosf321@gmail.com

Zvanje, ime, srednje slovo i prezime	Ustanova i radno mesto	Oblast kompetencije (naučnog interesovanja)	e-mail
Doc. dr Zoran Lj. Filipović	Institut Goša, naučni saradnik	elektronika i telekomunikacije (avionika, metrologija, telekomunikacije)	filipovicz@open.telekom.rs
Vanr. prof. dr Vasko G. Fotev	Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, katedra za vazduhoplovstvo	pogon letelica (avionski i raketni motori)	vfotev@mas.bg.ac.rs
Prof. dr Katarina D. Gerić	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, departman za proizvodno mašinstvo, katedra za materijale i spajanje materijala	nauka o materijalima, inženjerstvo materijala, Ispitivanje materijala	gerick@uns.ac.rs
Potpukovnik doc. dr Ljubomir J. Gigović	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, katedra prirodno-matematičkih nauka, rukovodilac grupe nastavnika za vojnu geografiju i topografiju	geonauke, geodetsko inženjerstvo	ljgigovic@yahoo.com
Prof. dr Miro J. Govedarica	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, departman za računarstvo i automatiku, katedra za sisteme, signale i upravljanje, rukovodilac studijskog programa geodezija i geomatika	geodezija, geomatika, geoinformatika	miro@uns.ac.rs
Prof. dr Janko J. Hodolić	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka	metrologija, kvalitet, pribori i ekološko-inženjerski aspekti	hodolic@uns.ac.rs
Pukovnik doc. dr Slobodan S. Ilić	Generalštab, Uprava za planiranje i razvoj (J-5), Tehnički opitni centar, direktor	sistemi održavanja, naoružanje	slobodan.ilic@va.mod.gov.rs
Vanr. prof. dr Branislav V. Jakić	Pukovnik u penziji, Alfa Univerzitet Beograd, Univerzitet za poslovne studije Banja Luka	logistika, kvalitet, standardizacija, metrologija, nomenklatura, kodifikacija, tehnološki menadžment, upravljanje kvalitetom	bjakic@yahoo.com
Prof. dr Slobodan S. Jaramaz	Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, šef katedre za sisteme naoružanja	unutrašnja balistika, konstrukcija projektila, fizika eksplozije, balistika na cilju, sagorevanje baruta	sjaramaz@mas.bg.ac.rs

SPISAK RECENZENATA VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA/LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

Zvanje, ime, srednje slovo i prezime	Ustanova i radno mesto	Oblast kompetencije (naučnog interesovanja)	e-mail
Prof. dr Radun B. Jeremić	Pukovnik u penziji	municija, eksplozivne materije	radjer@open.telecom.rs
General major doc. dr Danko M. Jovanović	Generalštab Vojske Srbije, Uprava za logistiku (J-4), načelnik uprave	upravljanje proizvodnjom, logistika, održavanje tehničkih sistema, kvalitet, rizici, standardizacija	danko.jovanovic@mod.gov.rs
Doc. dr Vukica M. Jovanović	Trajn Univerzitet, Fakultet za inženjerstvo i tehnologiju, departman za konstrukcije i dizajn, Engola, Indijana, SAD	mašinstvo	jovanovic@trine.edu
Potpukovnik doc. dr Radovan M. Karkalić	Ministarstvo odbrane, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, katedra vojnohemijškog inženjerstva	hemijska tehnologija (nuklearno-hemijsko-biološka zaštita, detekcija, identifikacija i dekontaminacija)	rkarkalic@yahoo.com
Prof. dr Vladimir A. Katić	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, prodekan fakulteta	energetska elektronika, električne mašine, elektromotorni pogoni, kvalitet električne energije, obnovljivi izvori električne energije	katav@uns.ac.rs
Prof. dr Srđan R. Kolaković	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, prodekan	građevinarstvo – hidrotehnika	kolak@uns.ac.rs
Pukovnik dr Zbyšek Korecki	Univerzitet odbrane Republike Češke, Fakultet za ekonomiku i menadžment, načelnik katedre logistike	logistika odbrane, multinacionalna logistika	zbysek.korecki@unob.cz
Docent dr Mirko S. Kozić, viši naučni saradnik	Ministarstvo odbrane, Sektor za materijalne resurse, Uprava za odbrambene tehnologije, Vojnotehnički institut	mekanika fluida, numerička dinamika fluida, aerodinamička opterećenja	mkozic@open.telekom.rs
Pukovnik doc. dr Nikola L. Lekić	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, načelnik katedre telekomunikacija i informatike	radarski ciljevi, radarske antene, merenje radarskih ciljeva i antena, radarska tehnika i sistemi	lekicn@ptt.rs
Prof. dr Rado M. Maksimović	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, departman za industrijsko inženjerstvo i menadžment, rukovodilac studijskih programa inženjerski menadžment	proizvodni sistemi, organizacija preduzeća, razvojni procesi u preduzeću	rado@uns.ac.rs

Zvanje, ime, srednje slovo i prezime	Ustanova i radno mesto	Oblast kompetencije (naučnog interesovanja)	e-mail
Naučni savetnik dr Stevan M. Maksimović	Ministarstvo odbrane, Sektor za materijalne resurse, Uprava za odbrambene tehnologije, Vojnotehnički institut, načelnik odeljenja čvrstoće	čvrstoća konstrukcija, mehanika loma, zamor, numeričke metode	s.maksimovic@open.telekom.rs
Dr Vasilije M. Manović	Institut CanmetENERGY, Ministarstvo za prirodne resurse, Otava, Kanada	zaštita životne sredine, hemijsko inženjerstvo	vm.anovic@gmail.com
Prof. dr Dejan M. Micković	Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, katedra za sisteme naoružanja	konstrukcija klasičnog naoružanja, automatska oružja, unutrašnja balistika	dmickovic@mas.bg.ac.rs
Prof. dr Momčilo P. Milinović	Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, katedra za sisteme naoružanja	raketni sistemi, lanseri, sistemi upravljanja vatrom	mmilinovic@mas.bg.ac.rs
Prof. dr Zoran Đ. Miljković	Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, katedra za proizvodno mašinstvo	tehnologija mašinske obrade, robotika, veštačka inteligencija, autonomni sistemi i mašinsko učenje, veštačke neuronske mreže, inteligentni tehnološki sistemi, metode odlučivanja	zmiljkovic@mas.bg.ac.rs
Major doc. dr Srđan T. Mitrović	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, katedra vojnoelektronskog inženjerstva, načelnik odseka za elektrotehniku i elektroniku	mobilni roboti, upravljanje u realnom vremenu, fazi logika, fazi upravljanje, mikroprocesorski sistemi, upravljanje sistemima (automatika), algoritmi navigacije vozila, brodski borbeni i navigacioni sistemi	srđjan.mitrovic@va.mod.gov.rs
Major doc. dr Slavko R. Muždeka	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, katedra vojnomašinskog inženjerstva, šef odseka za borbena vozila	motorna vozila, borbena vozila	msslavko@beotel.rs

Zvanje, ime, srednje slovo i prezime	Ustanova i radno mesto	Oblast kompetencije (naučnog interesovanja)	e-mail
Prof. dr Mladen D. Pantić	Pukovnik u penziji	borbena vozila	emily983@sbb.rs
Pukovnik Zoran S. Patić	Generalštab Vojske Srbije, Uprava za logistiku (J-4), načelnik 3. odeljenja	logistika, održavanje, snabdevanje, projektovanje organizacije logističkih sistema	zpatic@yahoo.co.uk
Potpukovnik doc. dr Sreten R. Perić	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, načelnik katedre vojnomasinskog inženjerstva	tehnologija održavanja motornih vozila	sretenperic@yahoo.com
Prof. dr Slavko J. Pokorni	Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije u Beogradu, pomoćnik direktora, pukovnik u penziji	pouzdanost, raspoloživost i održavanje sistema (hardver, softver, čovek), primena infracrvenog zračenja, informacione i komunikacione tehnologije	slavko.pokorni@its.edu.rs
Prof. dr Miroslav V. Popović	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, katedra za računarsku tehniku	računarska tehnika i komunikacije (inženjering sistema zasnovanih na računarima)	miroslav.popovic@rt-rk.com
Pukovnik vanr. prof. dr Jugoslav R. Radulović	Pukovnik u penziji	municija, menadžment, kvalitet	yugoslav@ptt.rs
Naučni savetnik prof. dr Dušan S. Rajić	Pukovnik u penziji	protivhemijska zaštita, oružje za masovno uništavanje (NHB borbeno sredstvo), teorija rešavanja inovativnih zadataka	rajic.dusan1@gmail.com
Pukovnik doc. dr Zoran M. Rajić	Ministarstvo odbrane, Sektor za materijalne resurse, Uprava za odbrambene tehnologije, direktor Vojnotehničkog instituta	aerodinamika	rajic_zoran@yahoo.com
Pukovnik vanr. prof. dr Miodrag D. Regodić	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, načelnik katedre prirodno-matematičkih nauka	geonauke, geodetsko inženjerstvo	mregodic62@gmail.com

Zvanje, ime, srednje slovo i prezime	Ustanova i radno mesto	Oblast kompetencije (naučnog interesovanja)	e-mail
Dr Milorad D. Savković	Ministarstvo odbrane, Sektor za materijalne resurse, Uprava za odbrambene tehnologije, Vojnotehnički institut	raketni motori, raketna i bestrzajna sredstva za PO borbu	savkovic.milorad@gmail.com
Vanr. prof. dr Dragoljub J. Sekulović	Pukovnik u penziji	geonauke, geodetsko inženjerstvo	sekulovicdr@yahoo.co.uk
Dr Srećko S. Stopić	Tehnički univerzitet u Ahenu, SR Nemačka, Institut za procesnu metalurgiju i recikliranje metala, naučni savetnik, vođa grupe za hidrometalurgiju i nanotehnologiju	hidrometalurgija, nanotehnologija, hemijske sinteze, recikliranje, zaštita životne sredine	stopic2003@yahoo.de
Doc. dr Tomislav B. Šekara	Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, katedra za signale i sisteme	upravljanje procesima sa koncentrisanim i raspoređenim parametrima, optimalni industrijski regulatori, frakcioni zakoni upravljanja sa primenom u industriji, karakterizacija procesa, adekvatna diskretizacija i obrada signala, senzori i aktuatori, kompenzacija i ušteda električne energije u distributivnim elektroenergetskim sistemima	tomi@etf.rs
Prof. dr Dragan D. Šešlija	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, departman za industrijsko inženjerstvo i menadžment, katedra za mehatroniku, robotiku i automatizaciju	mehatronika, robotika, automatizacija	seslija@uns.ac.rs
Pukovnik doc. dr Goran P. Šimić	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, načelnik Centra za simulacije i učenje na daljinu	informatika i računarstvo	gshimic@gmail.com

Zvanje, ime, srednje slovo i prezime	Ustanova i radno mesto	Oblast kompetencije (naučnog interesovanja)	e-mail
Prof. dr Vladimir S. Škiljaica	Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, departman za saobraćaj, katedra za tehnologije transportnih sistema	tehnologija vodnog saobraćaja, brodovi, bezbednost plovidbe	vlaski@uns.ac.rs
Prof. dr Ljubiša K. Tančić	Pukovnik u penziji	unutrašnja balistika, naoružanje	ljtancic@gmail.com
Pukovnik prof. dr Branko M. Tešanović	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, katedra logistike, načelnik odseka za opštu logistiku i finansije	opšta logistika, ekonomija	brate@verat.net
Potpukovnik doc. dr Ivan A. Tot	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, Vojna akademija, rukovodilac grupe za informacione sisteme na katedri telekomunikacija i informatike	baze podataka, informacioni sistemi, zaštita informacionih sistema	totivan@gmail.com
Naučni savetnik prof. dr Dragoljub A. Vujić	Ministarstvo odbrane, Sektor za materijalne resurse, Uprava za odbrambene tehnologije, Vojnotehnički institut	primenjena mehanika, dijagnostika, sofisticirani sistemi održavanja tehničkih sistema	vujicd@eunet.rs
General major vanr. prof. dr Mladen M. Vuruna	Ministarstvo odbrane, Sektor za ljudske resurse, Univerzitet odbrane, načelnik Vojne akademija	vojno-hemijsko inženjerstvo (pogonska sredstva, toksikološka sredstva, zaštita od NHB oružja, zaštita životne sredine)	mladenvuruna@yahoo.com
Brigadni general prof. dr Bojan M. Zmić	Ministarstvo odbrane, Sektor za materijalne resurse, Uprava za odbrambene tehnologije, načelnik uprave	senzorski sistemi, stratejsko planiranje	bojan.zmic@vs.rs

LIST OF REFEREES OF THE MILITARY TECHNICAL COURIER

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail
Professor Colonel Marko D. Andrejić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Logistics Department	Military logistics	markodandrejic@hotmail.com
Assistant Professor Miloš Ž. Arsić, PhD	Retired Colonel	Transportation support management	misaarsa@yahoo.com
Associate Professor Vojislav J. Batinić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Mechanical Engineering	General mechanical engineering constructions	beregvojo@yahoo.com
Associate Professor Stevan M. Berber, PhD	The University of Auckland, Department of Electrical and Computer Engineering, Auckland, New Zealand, Senior Lecturer	Electronics and telecommunications	s.berber@auckland.ac.nz
Assistant Professor Radivoje M. Biljić, PhD	Belgrade University, Faculty of Electrical Engineering, Department of Telecommunications	Telecommunications, navigation/attack systems, electromagnetics, satellite systems	biljic@etf.rs
Professor Branislav A. Borovac, PhD	University in Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, Chair for Mechatronics, Robotics and Automation	Robotics	borovac@uns.ac.rs
Associate Professor Uglješa S. Bugarić, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department for Industrial Engineering	Operational research, terotechnology – transportation and storage systems	ubugaric@mas.bg.ac.rs
Professor Ilija Čosić, PhD	University in Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Dean of the Faculty	Industrial Engineering and engineering management	ftn.dean@uns.ac.rs

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail
Associate Professor Colonel Goran D. Dikić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Vice Dean for Interuniversity and International Cooperation	Automatic control systems, target tracking, missile guidance and control systems	goran.dikic@mod.gov.rs
Assistant Professor Colonel Nenad P. Dimitrijević, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Director of Postgraduate Studies	Traffic safety, protection of resources in traffic and transportation	neshadim@nadlanu.com
Associate Professor Colonel Radenko S. Dimitrijević, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Chemical Engineering	Ordnance, ammunition	radenkod@beotelnet.rs marinadimitrijevic@rocketmail.com
Associate Professor Colonel Boban D. Đorović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Vice Dean	Processes and methods in traffic and transportation, transportation networks, transport organization	lukema@ptt.rs
Professor Vlado P. Đurković, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Mechanical Engineering, Head of Faculty Staff Teaching General Subjects in Mechanical Engineering	Applied mechanics of rigid and deformable body	vlado.djurkovic@va.mod.gov.rs djurkovic.vlado@gmail.com
Assistant Professor Predrag M. Elek, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Weapon Systems	Terminal ballistic, Projectile construction, Physics of explosion	pelek@mas.bg.ac.rs
Assistant Professor Miljko M. Erić, PhD	Belgrade University, Faculty of Electrical Engineering, Department of Telecommunications	Telecommunications, digital signal processing, electronic reconnaissance, radio direction finding, antenna arrays, microphone arrays, array processing	meric@open.telekom.rs miljko.eric@etf.rs
Scientific Advisor Miloš R. Filipović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute, Head of Sector for Materials and Protection	Ordnance (explosives, pyrotechnics, gunpowders and rocket propellants, combustion, detonation, explosion)	milosf321@gmail.com

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail
Assistant Professor Zoran Lj. Filipović, PhD	Goša Institute Research Fellow	Electronics and telecommunications (avionics, metrology, telecommunications)	filipovicz@open.telecom.rs
Associate Professor Vasko G. Fotev, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Aviation	Aircraft propulsion (aircraft and rocket engines)	vfotev@mas.bg.ac.rs
Professor Katarina D. Gerić, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Production Engineering, Chair of Materials and Technology of Connection	Materials science, materials engineering, materials testing	gerick@uns.ac.rs
Assistant Professor LtColonel Ljubomir J. Gigović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Natural and Mathematical Sciences, Head of Faculty Staff Teaching Military Geography and Topography	Geosciences, geodetic engineering	ljgigovic@yahoo.com
Professor Miro J. Govedarica, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Computing and Automatics, Head of the study program Geodesy and Geomatics	Geodesy, Geomatics, Geoinformatics	miro@uns.ac.rs
Professor Janko J. Hodolić, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences	Metrology, quality, tools and ecological-engineering aspects	hodolic@uns.ac.rs
Assistant Professor Colonel Slobodan S. Ilić, PhD	General Staff of the Armed Forces of Serbia, Planning and Development Directorate (J-5), Technical Test Center, Director	Maintenance systems, armament	slobodan.ilic@va.mod.gov.rs
Associate Professor Branislav V. Jakić, PhD	Retired Colonel, Alpha University Belgrade, University of Business studies Banja Luka	Logistics, quality, standardisation, metrology, nomenclature, codification, technology management, quality management	bjakic@yahoo.com

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail
Professor Slobodan S. Jaramaz, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Head of Department of Weapon Systems	Internal ballistics, projectile construction, physics of explosion, terminal ballistics, gunpowder combustion	sjaramaz@mas.bg.ac.rs
Professor Radun B. Jeremić, PhD	Retired Colonel	Ammunition, ordnance	radjer@open.telecom.rs
Assistant Professor Major General Danko M. Jovanović, PhD	General Staff of the Armed Forces of Serbia, Director of Logistics Directorate (J-4)	Production management, logistics, maintenance of technical systems, quality, risks, standardisation	danko.jovanovic@mod.gov.rs
Assistant Professor Vukica M. Jovanović, PhD	Trine University, Allen School of Engineering and Technology, Department of Engineering echnology, Angola, Indiana, USA	Mechanical engineering	jovanovic@trine.edu
Assistant Professor LtColonel Radovan M. Karkalić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Chemical Engineering	Chemical technology (nuclear-biological-chemical protection, detection, identification and decontamination)	rkarkalic@yahoo.com
Professor Vladimir A. Katić, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Vice Dean	Power electronics, electric machines, electric power systems and stations, electric power quality, renewable sources of electric power	katav@uns.ac.rs
Professor Srđan R. Kolaković, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Vice Dean	Civil engineering, hydrotechnology	kolak@uns.ac.rs
Colonel Zbyšek Korecki, PhD	University of Defence of the Czech Republic, Faculty of Economics and Management, Head of Department of Logistics	Logistics of defence, multinational logistics	zbysek.korecki@unob.cz
Assistant Professor Miroslav S. Kozic, PhD, senior scientific associate	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute	Mechanics of fluids, computational fluid dynamics, aerodynamic load	mkozic@open.telekom.rs

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail
Assistant Professor Colonel Nikola L. Lekić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Department of Telecommunications and Information Science	Radar targets, radar antennas, measurement of radar targets and antennas, radar technique and systems	lekicn@ptt.rs
Professor Rado M. Maksimović, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, Head of Engineering Management program of study	Production systems, organization of industrial systems, development processes in industrial systems	rado@uns.ac.rs
Scientific Advisor Stevan M. Maksimović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute, Head of Laboratory for Strength	Structural strength, fracture mechanics, fatigue, numerical methods	s.maksimovic@open.telekom.rs
Senior Research Scientist Vasilije M. Manović, PhD	Canmet ENERGY, Natural Resources Canada, Ottawa, Canada	Environmental protection, Chemical engineering	vmanovic@gmail.com
Professor Dejan M. Micković, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Weapon Systems	Construction of classic weapons, automatic weapons, internal ballistics	dmickovic@mas.bg.ac.rs
Professor Momčilo P. Milinović, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Weapon Systems	Rocket systems, launchers, fire control systems	mmilinovic@mas.bg.ac.rs
Professor Zoran Đ. Miljković, PhD	Belgrade University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Engineering	Manufacturing technology, robotics, artificial intelligence, autonomous systems and machine learning, artificial neural networks, intelligent technological systems, decision-making methods	zmiljkovic@mas.bg.ac.rs

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail
Assistant Professor Major Srdjan T. Mitrović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Electrical Engineering, Head of the Section of Electrical Engineering and Electronics	Mobile robots, real time control, fuzzy logic, fuzzy control, microprocessing systems, system control (automation), vehicle navigation algorithms, naval combat and navigation systems	srdjan.mitrovic@va.mod.gov.rs
Assistant Professor Major Slavko R. Muždeka, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Military Mechanical Engineering, Head of Section for Combat Vehicles	Motor vehicles, combat vehicles	msslavko@beotel.rs
Professor Mladen D. Pantić, PhD	Retired Colonel	Combat vehicles	emily983@sbb.rs
Colonel Zoran S. Patić	General Staff of the Armed Forces of Serbia, Logistics Directorate (J-4), Head of 3rd Section	Logistics, maintenance, supply, design of logistic system organisation	zpatic@yahoo.co.uk
Assistant Professor LtColonel Sreten R. Perić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Department of Military Mechanical Engineering	Technology of motor vehicle maintenance	sretenperic@yahoo.com
Professor Slavko J. Pokorni, PhD	Information Technology School, Retired Colonel	Reliability, availability and system maintenance (hardware, software, man) IR application, Information and Communications Technology	slavko.pokorni@its.edu.rs
Professor Miroslav V. Popović, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Chair of Computer Technology	Computer technology and communications (computer-based system engineering)	miroslav.popovic@rt-rk.com
Associate Professor Jugoslav R. Radulović, PhD	Retired Colonel	Ammunition, management, quality	yugoslav@ptt.rs
Scientific Advisor Professor Colonel Dušan S. Rajić, PhD	Retired Colonel	Chemical protection, weapons of mass destruction (NBC weapons), theory of inventive problem solving	rajic.dusan1@gmail.com

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail
Assistant Professor Colonel Zoran M. Rajić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Director of Military Technical Institute	Aerodynamics	rajic_zoran@yahoo.com
Assistant Professor Colonel Miodrag D. Regodić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Department of Natural and Mathematics Sciences	Geosciences, geodetic engineering	mregodic62@gmail.com
Milorad D. Savković, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute	Rocket motors, rocket and recoilless AT weapons	savkovic.milorad@gmail.com
Associate Professor Dragoljub J. Sekulović, PhD	Retired Colonel	Geosciences, geodetic engineering	sekulovicdr@yahoo.co.uk
Scientific advisor Srećko S. Stopić, PhD	RWTH Aachen University, Germany, Faculty for Georesources and Materials Engineering, IME Process Metallurgy and Metal Recycling, Group leader for hydrometallurgy and nanotechnology	Hydrometallurgy, nanotechnology, recycling, environmental science	stopic2003@yahoo.de
Assistant Professor Tomislav B. Šekara, PhD	Belgrade University, Faculty of Electrical Engineering, Department for Signals and Systems	Control of processes with concentrated and distributed parameters, industrial regulators with optimum performance, fraction laws of control in industrial application, process characterisation, adequate signal discretisation and processing, sensors and actuators, electric energy compensation and saving in electric energy distribution systems	tomi@etf.rs
Professor Dragan D. Šešlija, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Industrial Engineering and Management, Chair of Mechatronics, Robotics and Automation	Mechatronics, Robotics and Automation	seslija@uns.ac.rs

Title, name, middle initial and surname	Affiliation and position	Competence area (scientific research)	e-mail
Assistant Professor Colonel Goran P. Šimić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Center for Simulations and Distance Learning	Information technology and computing	gshimic@gmail.com
Professor Vladimir S. Škiljaica, PhD	University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Traffic Engineering, Chair of Technology of Transportation Systems	Technology of water transportation, ships, navigation safety	vlaski@uns.ac.rs
Professor Ljubiša K. Tančić, PhD	Retired Colonel	Internal ballistics, armament	ljtanacic@gmail.com
Professor Colonel Branko M. Tešanović, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Department of Logistics, Head of Section for General Logistics and Finance	General logistics, Economics	brate@verat.net
Assistant Professor LtColonel Ivan A. Tot, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Military Academy, Head of Group for Information Systems at Department of Telecommunications and Information Technology	Data bases, information systems, information systems protection	totivan@gmail.com
Scientific Advisor Professor Dragoljub A. Vujić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Military Technical Institute	Applied mechanics, diagnostics, sophisticated systems for technical system maintenance	vujicd@eunet.rs
Associate Professor Major General Mladen M. Vuruna, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, University of Defence, Head of Military Academy	Military chemical engineering (propellants, toxicology, NBC protection, environmental protection)	mladenvuruna@yahoo.com
Professor Brigadier General Bojan M. Zmić, PhD	Ministry of Defence, Human Resources Sector, Department for Defence Technologies, Head of Department	Sensor systems, strategic planning	bojan.zmic@vs.rs

IZJAVA VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA O ETIČKOM POSTUPANJU

Objavljivanje članaka nakon stručne recenzije osnovna je delatnost naučnog časopisa *Vojnotehnički glasnik*. Neophodno je postići saglasnost o etičkim načelima u postupcima svih učesnika prilikom objavljivanja članaka, od autora, Redakcije časopisa i stručnih recenzenata do izdavača.

Obaveze Redakcije *Vojnotehničkog glasnika*

Redakcija *Vojnotehničkog glasnika* odgovorna je za donošenje odluke koji će od prispelih članaka biti odabran za objavljivanje.

Redakcija treba da postupa u skladu s politikom Uređivačkog odbora *Vojnotehničkog glasnika* kao i u skladu sa zakonskim propisima koji se odnose na klevetu, kršenje autorskih prava i plagijate. Redakcija može da se konsultuje sa članovima Uređivačkog odbora ili recenzentima pri donošenju odluke.

Redakcija procenjuje sadržaj rukopisa nezavisno od rase, pola, polne orijentacije, religijskih uverenja, etničkog porekla, političkih uverenja i državne pripadnosti autora.

U svom radu, prema preporuci Centra za evaluaciju u obrazovanju i nauci (CEON), Redakcija koristi elektronski sistem uređivanja (ASEESTANT), koji omogućava transparentnost i javnost rada, podrazumevajući punu odgovornost za prihvatanje i objavljivanje članka.

Pre slanja na recenziju Redakcija proverava sadržaj rukopisa na plagijazam, korišćenjem servisa iThenticate (CrossRef i CrossCheck).

Niko iz uređivačke kuće ne sme da otkrije nijednu informaciju o pristiglom rukopisu ikome, osim autoru, recenzentima, potencijalnim recenzentima, drugim savetnicima uređivačke kuće i izdavaču, prema potrebi.

Neobjavljen materijal iz pristiglih rukopisa ne sme da se koristi za istraživački rad uređivača, osim sa izričitim pismenim odobrenjem autora.

Obaveze recenzenata

Stručni recenzent pomaže Redakciji u donošenju odluke, a posredstvom kontakata sa autorima preko Redakcije može da pomaže i autorima na poboljšavanju teksta rada.

Ukoliko izabrani recenzent smatra da nije dovoljno kvalifikovana da izvrši recenziju istraživanja u rukopisu ili je pak sprečen da završi i dostavi recenziju u dogovorenom roku, o tome treba blagovremeno da obavesti Redakciju.

Svaki rukopis prihvaćen na recenziju mora da se tretirati kao poverljiv dokument. Ne sme se pokazivati trećim licima niti diskutovati sa njima, osim kada to odobri Redakcija.

Recenzija treba da bude objektivna. Neprihvatljiva je lična kritika autora. Recenzenti treba jasno da obrazlože svoje stavove i potkrepe ih argumentima.

Recenzenti treba da identifikuju relevantne postojeće radove koje autor nije citirao. Svaka prethodno javno saopštena tvrdnja ili argument treba da budu praćeni odgovarajućim citatom. Dužnost recenzenta je da skrene pažnju uredniku na značajna poklapanja ili sličnost rukopisa sa već objavljenim radom, ukoliko o tome ima lična saznanja.

Informacije i ideje do kojih se došlo stručnom recenzijom poverljivog su karaktera i ne smeju se koristiti za sopstvene potrebe. Recenzenti ne bi trebalo da primaju rukopise koji ih dovode u sukob interesa na osnovu konkurencije, zajedničkog rada ili drugih odnosa s bilo kojim autorom, kompanijom ili institucijom povezanim s radom.

Obaveze autora

Kada autori pišu o originalnom istraživanju treba precizno da prikažu objavljeni rad i da objektivno izlože njegov značaj. Podaci treba da budu precizno navedeni. Članak treba da sadrži dovoljno detalja i referenci da bi mogao da se reprodukuje. Lažne ili namerno netačne tvrdnje predstavljaju neetičko postupanje i neprihvatljive su.

Autori treba da obezbede neobrađene podatke u vezi sa člankom i pruže ih na uvid Redakciji, kao i javni pristup tim podacima, ako je to moguće, i da, u svakom slučaju, budu spremni da sačuvaju te podatke u razumnom roku posle objavljivanja.

Autori treba da napišu potpuno originalne radove, a ako su koristili radove ili formulacije drugih, onda to treba da navedu na odgovarajući način.

U principu, autori bi trebalo da objave rukopis koji se suštinski bavi istim istraživanjem samo u jednom časopisu ili primamoj publikaciji. Slanje istog rukopisa u više redakcija časopisa u isto vreme predstavlja neetičko ponašanje i neprihvatljivo je.

Obavezno je da autor navede radove koje je koristio u pisanju rukopisa, kao i da citira publikacije koje su uticale na njegov rad.

Autorstvo treba da bude ograničeno na one koji su značajno doprineli ideji, njenom oblikovanju, izvođenju ili interpretaciji u datom istraživanju. Svi koji su značajno doprineli radu treba da budu navedeni kao koautori. Ako su pojedinci bili bitni u pojedinim aspektima istraživačkog projekta, treba im u zahvalnici odati priznanje za doprinos.

Autor treba da se postara da svi koautori budu navedeni kao takvi, kao i da među navedenim nema onih koji to ne zaslužuju. Autorova dužnost je da svi koautori vide i odobre finalnu verziju rada, kao i da odobre njegovo objavljivanje.

Ako se u istraživanju pojavljuju hemijska jedinjenja, postupci ili oprema koji su opasni po zdravlje ljudi ili životinja, autor to mora jasno da naznači u rukopisu.

Svaki autor treba da navede u rukopisu sve vrste finansijskih i ostalih značajnih konflikata interesa koji bi mogli da utiču na rezultate ili interpretaciju njegovog rada. Svi izvori finansijske podrške treba da budu takođe navedeni.

Kada autor otkrije materijalnu grešku ili netačnost u svom objavljenom radu, njegova je dužnost da odmah obavesti Redakciju časopisa ili izdavača i da sarađuje sa Redakcijom pri povlačenju ili korigovanju rada.

PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The publication of an article in this peer reviewed journal is an essential model for the scientific journal *Military Technical Courier*. It is necessary to agree upon standards of expected ethical behavior for all parties involved in the act of publishing: the author, the journal editor, the peer reviewer and the publisher.

Duties of the Military Technical Courier editor

The editor of the Military Technical Courier is responsible for deciding which of the articles submitted to the journal should be published.

The editor should be guided by the policies of the journal's editorial board and constrained by such legal requirements as shall then be in force regarding libel, copyright infringement and plagiarism. The editor may confer with the members of the editorial board or reviewers in making this decision.

The editor should evaluate manuscripts for their intellectual content without regard to race, gender, sexual orientation, religious belief, ethnic origin, citizenship, or political philosophy of the authors.

Following the recommendations of the CEON Centre for Evaluation in Education and Science (CEON/CEES), the editor applies the electronic editing system (ASEESTANT) which enables transparency and public access to work and accepts a full responsibility for the acceptance and publishing of articles.

Before sending articles for peer reviews, the editor checks the content of the submitted manuscripts for plagiarism using the iThenticate service (CrossRef and CrossCheck).

The editor and any editorial staff must not disclose any information about a submitted manuscript to anyone other than the corresponding author, reviewers, potential reviewers, other editorial advisers, and the publisher, as appropriate.

Unpublished materials disclosed in a submitted manuscript must not be used in an editor's own research without the express written consent of the author.

Duties of reviewers

A peer reviewer assists the editor in making editorial decisions and through the editorial communications with the author may also assist the author in improving the paper.

Any selected referee who feels unqualified to review the research reported in a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

Any manuscripts received for review must be treated as confidential documents. They must not be shown to or discussed with others except as authorized by the editor.

Reviews should be conducted objectively. Personal criticism of the author is inappropriate. Referees should express their views clearly with supporting arguments.

Reviewers should identify relevant published work that has not been cited by the authors. Any statement that an observation, derivation, or argument had been previously reported should be accompanied by the relevant citation. A reviewer should also call to the editor's attention any substantial similarity or overlap between the manuscript under consideration and any other published paper of which they have personal knowledge.

Unpublished materials disclosed in a submitted manuscript must not be used in a reviewer's own research without the express written consent of the author. Privileged information or ideas obtained through peer review must be kept confidential and not used for personal advantage. Reviewers should not consider manuscripts in which they have conflicts of interest resulting from competitive, collaborative, or other relationships or connections with any of the authors, companies, or institutions connected to the papers.

Duties of authors

Authors of reports of original research should present an accurate account of the work performed as well as an objective discussion of its significance. Underlying data should be represented accurately in the paper. A paper should contain sufficient detail and references to permit others to replicate the work. Fraudulent or knowingly inaccurate statements constitute unethical behavior and are unacceptable.

Authors may be asked to provide the raw data in connection with a paper for editorial review, and should be prepared to provide public access to such data if practicable, and should in any event be prepared to retain such data for a reasonable time after publication.

The authors should ensure that they have written entirely original works, and if the authors have used the work and/or words of others, that this has been appropriately cited or quoted.

An author should not in general publish manuscripts describing essentially the same research in more than one journal or primary publication. Submitting the same manuscript to more than one journal concurrently constitutes unethical publishing behavior and is unacceptable.

Proper acknowledgment of the work of others must always be given. Authors should cite publications that have been influential in determining the nature of the reported work.

Authorship should be limited to those who have made a significant contribution to the conception, design, execution, or interpretation of the reported study. All those who have made significant contributions should be listed as co-authors. Where there are others who have participated in certain substantive aspects of the research project, they should be acknowledged or listed as contributors.

The corresponding author should ensure that all appropriate co-authors and no inappropriate co-authors are included on the paper, and that all co-authors have seen and approved the final version of the paper and have agreed to its submission for publication.

If the work involves chemicals, procedures or equipment that have any unusual hazards inherent in their use, the author must clearly identify these in the manuscript.

All authors should disclose in their manuscript any financial or other substantive conflict of interest that might be construed to influence the results or interpretation of their manuscript. All sources of financial support for the project should be disclosed.

When an author discovers a significant error or inaccuracy in his/her own published work, it is the author's obligation to promptly notify the journal editor or publisher and cooperate with the editor to retract or correct the paper.

MEDIJA CENTAR „ODBRANA“

- Braće Jugovića 19, 11000 Beograd •
- Telefoni: (011) 3201-995 i 23-995 •
- Telefaks: (011) 3241-009 •
- Tekući račun: 840-312849-56 • PIB: 102116082 •
- Broj potvrde o evidentiranju za PDV: 135328814 •

POZIV NA PRETPLATU ZA 2013. GODINU

Pretplaćujemo se na časopis:

br. primeraka

1. „Vojnotehnički glasnik“

Godišnja pretplata 1.200,00 dinara

Prilikom uplate pozvati se na broj: 54

.....

2. „Novi glasnik“

Godišnja pretplata 1.800,00 dinara

Prilikom uplate pozvati se na broj: 53

.....

3. „Vojno delo“

Godišnja pretplata 1.400,00 dinara

Prilikom uplate pozvati se na broj: 51

.....

Pretplatne cene važe do 31. 12. 2013. 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

Tehničko uređenje
Zvezda Jovanović

Lektor
Dobriša Miletić, profesor
e-mail: dobriša.miletic@mod.gov.rs

Prevod na engleski
Jasna Višnjić, profesor
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com

Prevod na ruski
Olivera Hajduković, profesor
e-mail: oliverahajdukovic@lukoil.rs

Prevod na nemački
Gordana Bogdanović, profesor
e-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

Prevod na francuski
Dragan Vučković
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

CIP – Каталогизacija у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

623+355 / 359
355 / 359

ВОЈНОТЕХНИЧКИ гласник : научни часопис
Министарства одбране Републике Србије =
Military technical courier : scientific
periodical of the Ministry of Defence of the
Republic of Serbia / одговорни уредник
Небојша Гаћеша. - Год. 1, бр. 1 (1953) -
- Београд (Браће Југовића 19) : Министарство
одбране Републике Србије, 1953- (Београд :
Војна штампарија). - 24 cm

Доступно и на:
<http://www.vtg.mod.gov.rs>
Тромесечно. - Друго издање на другом медијуму:
Vojnotehnički glasnik (Online) = ISSN
2217-4753
ISSN 0042-8469 = Војнотехнички гласник
COBISS.SR-ID 4423938

Cena: 350,00 dinara
Tiraž: 480 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: Narodna biblioteka Srbije, Beograd

Graphic design editor
Nebojša Kujundžić MA
e-mail: nebojsa.kujundzic@mod.gov.rs

Copy editing
Zvezda Jovanović

Proofreader
Dobriša Miletić BA
e-mail: dobrila.miletic@mod.gov.rs

English translation and polishing
Jasna Višnjić BA
e-mail: jasnavisnjic@yahoo.com

Russian translation and polishing
Olivera Hajduković BA
e-mail: oliverahajdukovic@lukoil.rs

German translation and polishing
Gordana Bogdanović BA
e-mail: gordana.bogdanovic@yahoo.com

French translation and polishing
Dragan Vučković
e-mail: draganvuckovic@kbcnet.rs

CIP – Catalogisation in the publication
National Library of Serbia, Belgrade

623+355 / 359
355 / 359

ВОЈНОТЕХНИЧКИ гласник : научни часопис
Министарства одбране Републике Србије =
Military technical courier : scientific
periodical of the Ministry of Defence of the
Republic of Serbia / одговорни уредник
Небојша Гаћеша. - Год. 1, бр. 1 (1953) -
- Београд (Браће Југовића 19) : Министарство
одбране Републике Србије, 1953- (Београд :
Војна штампарија). - 24 cm

Доступно и на:
<http://www.vtg.mod.gov.rs>
Тромесечно. - Друго издање на другом медијуму:
Vojnotehnički glasnik (Online) = ISSN
2217-4753
ISSN 0042-8469 = Војнотехнички гласник
COBISS.SR-ID 4423938

Price: 350.00 RSD
Printed in 480 copies

According to the Opinion of the Ministry of Science and Technological Development
No 413-00-1201/2001-01 of 12th September 2001, the *Military Technological Courier* is a
publication of special interest for science.

UDC National Library of Serbia